INGENIERÍA:

Innovación, ciencia y tecnología 2

Organizadora:
Jéssica Barbosa da Silva do Nascimento

Atena Editora
Ano 2023

INGENIERÍA:

Innovación, ciencia y tecnología 2

Organizadora:
Jéssica Barbosa da Silva do Nascimento

Atena
Editora
Ano 2023

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA E ENGENHARIAS

Ingeniería: innovación, ciencia y tecnologia 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Jéssica Barbosa da Silva do Nascimento

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

I46 Ingeniería: innovación, ciencia y tecnologia 2 / Organizador Jéssica Barbosa da Silva do Nascimento. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-1901-3
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.013232111

1. Ingeniería. I. Nascimento, Jéssica Barbosa da Silva do (Organizador). II. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

La colección “Innovación, ciencia y tecnología 2” resulta de una compilación de trabajos con temáticas que abarcan diversas áreas de conocimiento, principalmente con aplicaciones de ingeniería en distintos procesos industriales.

El trabajo es relevante porque organiza y presenta los resultados de estudios desarrollados en instituciones de enseñanza e investigación tanto del Brasil como en el extranjero. Por lo tanto, esta edición tiene como objetivo difundir el conocimiento en ciencia y tecnología, y también espera incentivar nuevas publicaciones en plataformas comprometidas con la ética, como Atena Editora.

A los autores, me gustaría agradecerles por su colaboración.

Jéssica Barbosa da Silva do Nascimento

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LOS GRANULOS DE ALMIDONES DE PAPAS DULCES Y AMARGAS PROCEDENTES DE LA REGIÓN ANDINA DE PERÚ

Data de aceite: 01/11/2023

Olivia Magaly Luque Vilca
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0002-9000-4624

Noe Benjamin Pampa Quispe
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0001-8072-249X

Jose Luis Pineda Tapia
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ciencias de la Ingeniería
https://orcid.org/0000-0001-9498-1169

Lenin Quille Quille
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0003-3824-5268

Tania Jakeline Choque Rivera
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
Orcid https://orcid.org/0000-0002-3305-0755

Carlos Ricardo Hanco Cervantes
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0009-0002-8527-0274

Yimy Hancco Cayllahua
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0002-8250-9665

Edgardo Martín. Figueroa Donayre
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0001-7891-3334

Freddy Martin Marrero Saucedo
Universidad Nacional de Huancavelica
https://orcid.org/0000-0003-4610-158X

Angel Vladimir Flores Quenaya
Peritos y Tasadores Ingenieros SRL
https://orcid.org/0000-0001-9774-4599

Franklin Ore Areche
Universidad Nacional de Huancavelica
https://orcid.org/0000-0002-7168-1742

RESUMEN: Los andes peruanos tienen una gran diversidad en cuanto a variedades de papa nativa, conociéndose más de 4000 variedades. Todas ellas tienen características típicas de textura después de cocidas, siendo los almidones los directos responsables de estas características. El objetivo de esta investigación fue extraer y

caracterizar las propiedades morfológicas como tamaño y forma, considerando que el tamaño y forma de los gránulos de almidón dependen de las prácticas y altitudes de cultivo. La determinación se realizó mediante Microscopía Electrónica de barrido modelo Prisma E SEM (Termo Fisher Scientific), con una resolución de 5 nm en modo de alto vacío. Encontrándose que el tamaño de los gránulos de almidón de papas dulces y amargas de la región andina de Perú difieren notablemente de una variedad a otra, además de que los tamaños presentan una distribución normal. Con respecto a la forma son similares, presentando mayormente formas elípticas y ovaladas.
PALABRAS CLAVE: almidón, tamaño, forma, distribución normal.

ABSTRACT: The Peruvian Andes have great diversity in terms of native potato varieties, with more than 4,000 varieties known. All of them have typical texture characteristics after cooking, with starches being the directors responsible for these characteristics. The objective of this research was to extract and characterize morphological properties such as size and shape, considering that the size and shape of starch granules depend on cultivation practices and altitudes. The determination was carried out using Scanning Electron Microscopy model Prisma E SEM (Termo Fisher Scientific), with a resolution of 5 nm in high vacuum mode. It was found that the size of the starch granules of sweet and bitter potatoes from the Andean region of Peru differ notably from one variety to another, in addition to the sizes presenting a normal distribution. Regarding shape, they are similar, presenting mostly elliptical and oval shapes.
KEYWORDS: starch, size, shape, normal distribution.

1 I INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum*) nativa, es un tubérculo que se cultiva en los andes peruanos (Grados et al., 2020), tiene su origen principalmente en la parte norte del lago Titicaca en el sur del Perú, en la denominada meseta del Collao, la misma que se encuentra a una altitud mayor a 3800 msnm; siendo un cultivo de gran importancia, debido a su alto consumo en la dieta del poblador y cuya composición se caracteriza por su significativo contenido de almidón, proteínas, vitaminas, fibra dietética, minerales, carotenoides, etc., así también su capacidad antioxidante que varía con la ubicación geográfica como el clima de origen (Zhang et al., 2022).

La región andina, por su diversidad geográfica y climática, alberga una gran variedad de papas nativas con características únicas en términos de sabor, textura y propiedades nutricionales; Dentro de esta gran variedad se tienen papas dulces que son consumidas por el poblador y papas amargas que generalmente son transformadas en chuño o tunta, considerando que las regiones apropiadas para su elaboración son solamente la suni y la puna, de acuerdo a la clasificación geográfica de las ocho regiones naturales del Perú de Pulgar Vidal (Van Kessel, 1992). Esta diversidad en cuanto a la variación de las propiedades en directa relación con otros factores, hace que sea importante comprender la caracterización morfológica de los granos de almidón de papas dulces y amargas

cultivadas por encima de los 3500 msnm, teniendo en cuenta que las propiedades de los almidones dependen de factores como el genotipo, las condiciones ambientales, y la región donde se cultiva (Dobosz et al., 2020), así también, la variación en el tamaño y la forma de los gránulos es atribuida al origen biológico (Svegmark & Hermansson, 1993), considerando que el almidón ha recibido atención por ser una importante fuente de energía dietética para el ser humano, y material polimérico (Huang et al., 2022), que se puede utilizar en la industria alimentaria, como la utilización en productos lácteos, panadería, en recubrimientos, productos cárnicos y otros, como también en aplicaciones no alimentarias (Apriyanto et al., 2022).

Es fundamental comprender la morfología de los granos de almidón nativo, que es un polisacárido ramificado que se compone de amilosa, que es un polímero de glucosa de forma lineal que tiene la capacidad de interactuar con moléculas hidrofóbicas (Putseys et al., 2010) enlazada con enlaces glucosídicos α-1,4, y de amilopectina que presenta una estructura ramificada (Govindaraju et al., 2022). Las características morfológicas, como la forma y el tamaño de los gránulos de almidón, presentan diferencias significativas entre almidones (Singh et al., 2003), además se debe consideran que la variación en el tamaño y forma de los gránulos de almidón se atribuye al origen biológico (Svegmark & Hermansson, 1993) y La morfología de los gránulos de almidón depende de la bioquímica del cloroplasto o amiloplasto, así como de la fisiología de la planta (Badenhuizen, 1969), tal como lo cita Narpinder (2003).por lo que es importante la determinación de las propiedades morfológicas, cuya caracterización se enfoca en el análisis microscópico que se desarrolla con microscopía electrónica de barrido (SEM), para aplicarlo en variedades de papas dulces y amargas cultivadas en la región andina de Perú, para la obtención de resultados que contribuyan al conocimiento sobre las propiedades y características de papas nativas, para la selección de variedades con fines específicos. Además, esta investigación puede ayudar a preservar la diversidad de papas nativas andinas y promover su mejor aprovechamiento, ya que son un componente esencial de la cultura y la gastronomía de la región.

2 I MATERIALES Y METODOS

2.1 MATERIALES

Los materiales para este estudio fueron almidones extraídos de papas nativas amargas: ruckii, occucuri, y dulces: peruanita, y lomo; adquiridas del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) - Puno, que se cosecharon durante el año 2022.

3 I METODOLOGÍA.

La morfología de los gránulos se evaluó mediante Microscopía Electrónica de barrido modelo Prisma E SEM (Termo Fisher Scientific), siguiendo el procedimiento aplicado por

Aaliya et al. (2022) con algunas modificaciones, con una resolución de 5 nm en modo de alto vacío. Se fijó una cinta de doble cara al soporte conductor de electrones y el almidón fue esparcido en la cinta. Los almidones se recubrieron con oro usando un ion E 102 por pulverización catódica (Hitachi Ltd., Tokyo, Japón). Los gránulos se examinarón bajo las siguientes condiciones: voltaje de 15,0 kV, corriente de emisión 100 mA alto vacío (Pa 10.4), la distancia de 18.9 a 19.9 mm y 1.000 el aumento de 15 mil veces de trabajo. El tamaño de las partículas se expresó como el diámetro medio de los gránulos que se define como el diámetro para el que el 50% de las partículas (en volumen) son mayores.

4 I RESULTADOS Y DISCUSIONES

En la tabla 1 se muestra las propiedades morfológicas de los almidones de papa nativa determinadas mediante Microscopía Electrónica de Barrido (SEM), como el tamaño y forma de los gránulos de almidón de papas nativas dulces y amargas, donde se observa que los gránulos de almidón en las papas amargas poseen una dimensión mayor en comparación con las papas dulces. La mayor dimensión de los gránulos de almidón en las papas amargas puede deberse a diversos factores, como la composición genética, la madurez, el entorno de crecimiento y las condiciones de cultivo. Estos aspectos pueden influir en la distribución y tamaño de los gránulos de almidón, lo que a su vez puede impactar en la textura y propiedades culinarias de las papas tanto amargas como dulces.

El tamaño promedio de los gránulos de almidón es de 38.29, 35.15, 26.77 y 31.86 ***μ***m para la variedad ruckii, occucuri, peruanita y lomo respectivamente, por lo que se puede observar que el tamaño de los gránulos varía significativamente entre las variedades de papa. Esta variabilidad en el tamaño de los gránulos de almidón tiene implicaciones importantes en la textura como también en las características culinarias de las papas.

Variedad de papa	Pequeños 1 a 7.5 *μ*m (%)	Medianos 7.5 a 15 *μ*m (%)	Grandes >15 *μ*m (%)	Tamaño promedio (*μ*m)	Desviación estándar (*μ*m)	Tamaño mínimo (*μ*m)	Tamaño máximo (*μ*m)
Amarga							
Ruckii	.-.	9.37	90.63	38.29	19.44	12.09	91.17
Occucuri	.-.	.-.	100	35.15	11.65	15.84	59.88
Dulce							
Peruanita	.-.	7.15	92.85	26.77	9.50	8.381	47.73
Lomo	.-.	7.7	92.3	31.86	13.41	8.205	63.7

Tabla 1. Propiedades morfológicas de almidones nativos a partir de papa dulce y amarga

En la figura 1 se muestra la morfología de los gránulos de almidón de la variedad de papa ruckii, occucuri, peruanita y lomo respectivamente, observando que presentan formas mayormente elípticas, ovaladas similares a los reportados por Hoover y Ratnayake (2001),

también se observaron formas esféricas, alargadas y algunas deformes, al respecto de lo cual Medina y Salas (2007) reportaron que los gránulos de almidón de papa presentan formas circulares para los tamaños pequeños y elípticas para los tamaños grandes. Asimismo, se debe considerar que el tamaño y morfología varían según: el origen biológico del producto, como lo señala Thieme et al., (2023), la bioquímica de los amiloplastos y la fisiología de los productos, así también los factores ambientales como la temperatura, el almacenamiento, las prácticas culturales, además se debe considerar que el tamaño de los gránulos de almidón está relacionado con el contenido de amilosa del almidón (Dobosz et al., 2020); siendo la forma similar entre las diferentes variedades, que coincide con lo señalado por Medina & Salas, (2007), que manifiestan que se tiene diferencias morfológicas entre almidones de papa en comparación a otros cultivos de cualquier otra fuente botánica. También,

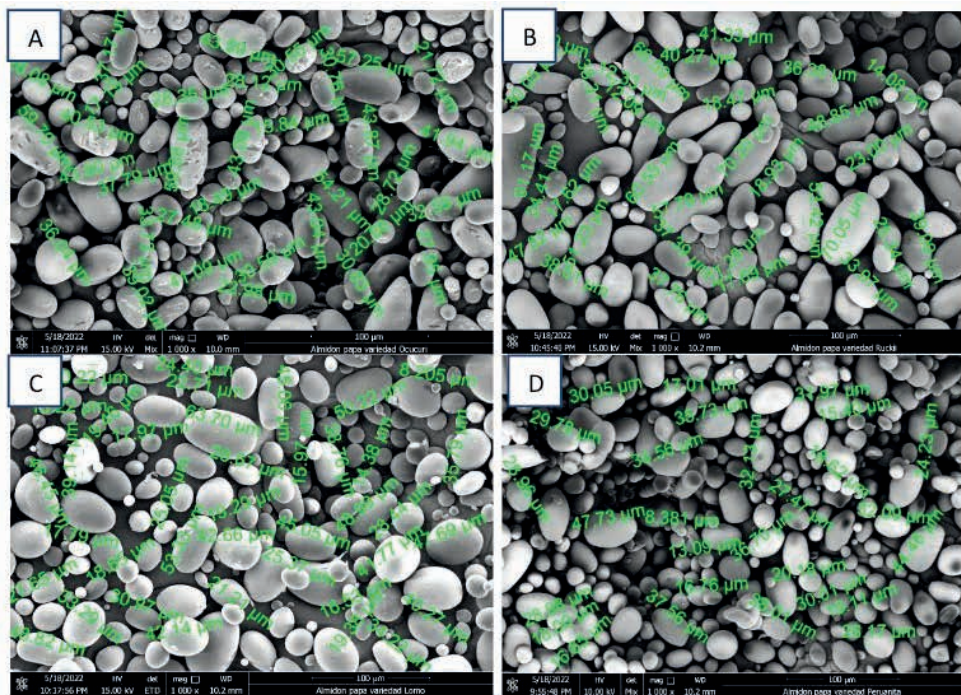



Figura 1: Morfología de los gránulos de almidón de la variedad de papa ruckii (A), occucuri (B), peruanita (C), y lomo (D).

En tal sentido, el tamaño de los gránulos sigue una distribución normal, como se muestra en la figura 2, esto indica que la mayoría de los gránulos de almidón tiene un tamaño, cercano a un valor promedio, con una mayor cantidad de gránulos grandes, es así que para la variedad ruckii, el estadístico KS tiene un valor de 0.125, el valor de $p>0.150$, media aritmética de 38.29 **µ**m, desviación estándar de 19.44 **µ**m, así también para la variedad occucuri el estadístico KS presenta un valor de 0.115, el valor de $p>0.150$, media aritmética

de 35.15 **μ**m, desviación estándar de 11.65 **μ**m, mientras que para la variedad peruanita el estadístico KS presenta un valor de 0.113, el valor de p>0.150, media aritmética de 26.78 **μ**m, desviación estándar de 9.504 **μ**m, y para la variedad lomo el estadístico KS presenta un valor de 0.105, el valor de p>0.150, media aritmética de 31.87 **μ**m, desviación estándar de 13.41 **μ**m. Sin embargo, en todos los casos la desviación estándar es considerable, por lo tanto, se presenta variabilidad con respecto a los tamaños de gránulo de almidón que es significativo en las diferentes variedades, resultados que son similares a otros autores.

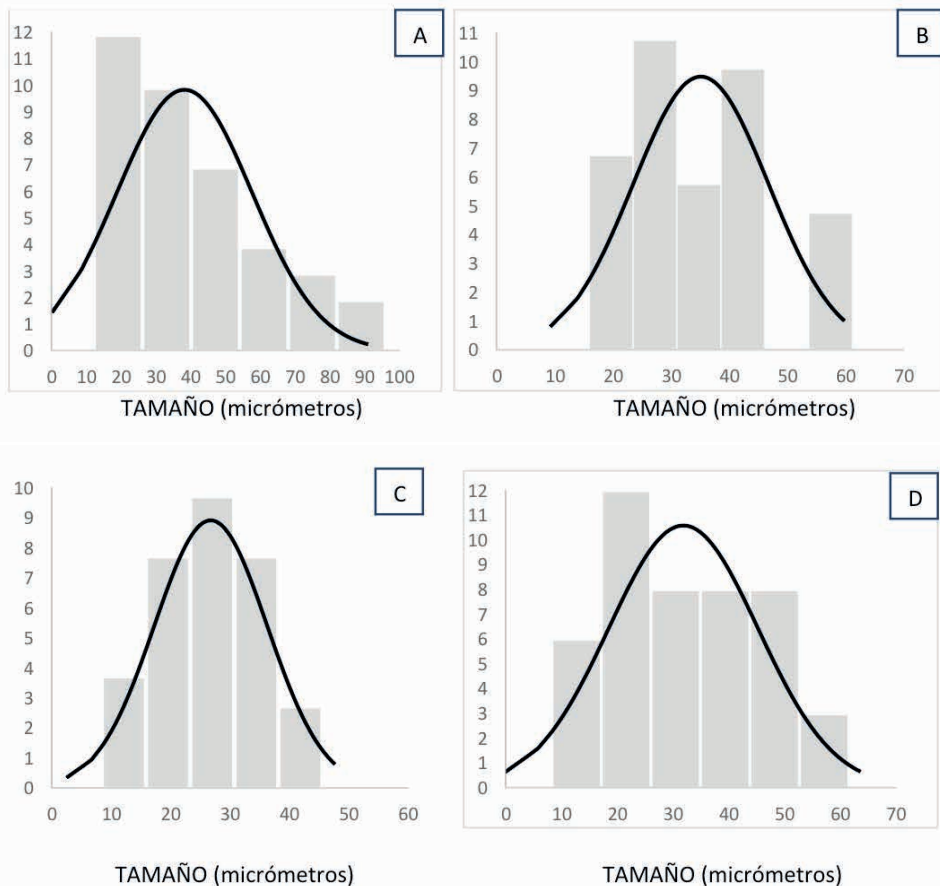



Figura 2: Distribución de tamaño del granulo de almidón de la variedad (A) ruckii, (B) occucuri (C) peruanita y (D) lomo.

Con respecto a la distribución de tamaño del gránulo de almidón, se realizó una representación a través de un histograma, que es una herramienta gráfica que permite visualizar la frecuencia con la que se presenta distintos tamaños, permitiendo identificar patrones, tendencias y posibles variaciones en la distribución, como se observa en la figura 2, en donde se tienen valores de 12.09 a 91.17 **μ**m para la variedad ruckii, de 15.84 a 59.88 *μ*m para la variedad occucuri, de 8.381 a 47.73 **μ**m para la variedad peruanita, y 8.205 a

63.7 ***µ***m ´para la variedad lomo respectivamente. Estos resultados son concordantes con los resultados reportados por varios autores como Lizarazo, et al. (2015) que señalan que los tamaños de los almidones de papa van de 10 a 100 *µ*m.

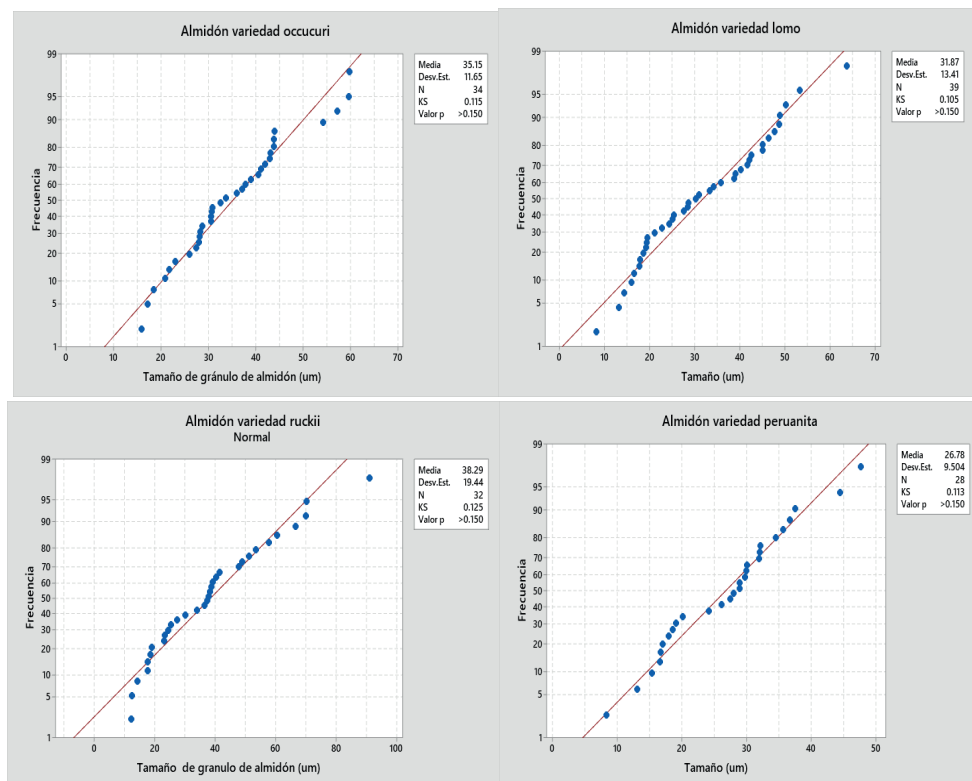



Figura 3: Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov (KS) respecto al tamaño del granulo de almidón de la variedad ruckii, occucuri, peruanita y lomo.

En general, las diferencias morfológicas entre las diferentes variedades de almidones de papa nativas es posible que también dependan de las prácticas agrícolas .e inclusive el tipo de suelo y las latitudes de cultivo como lo afirma Medina y Salas (2008), presentando superficies lisas, ovaladas y de forma irregular, a comparación de otra fuentes y variedades, así también los gránulos de almidón son de mayor tamaño, resultados similares a lo reportado por Singh et al., (2003) que menciona que los gránulos de almidón de patata son los de mayor tamaño (<110 µm), seguidos por los almidones de trigo (<30 µm), maíz (<25 µm) y arroz (<20µm).

5 I CONCLUSIONES

La caracterización morfológica, de los granos de almidón de papas dulces y amargas de la región andina de Perú difieren notablemente de una variedad a otra con

respecto al tamaño y forma, lo que ocasiona que las propiedades físico-químicas y funcionales difieran, lo cual también está estrechamente relacionado con las propiedades culinarias y gastronomía andina; conocimiento que puede ser utilizado para seleccionar variedades específicas para usos culinarios particulares, lo que hace importante preservar y promover la diversidad de las papas nativas como parte de la herencia cultural y la seguridad alimentaria. Así también, los resultados reportados a partir de la caracterización microscópica de forma y tamaño, representan una base científica para la comparación y criterios de selección de almidones nativos para elaboración de otros productos, ya que sus características morfológicas influyen directamente en su procesabilidad.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Nacional de Juliaca y a todo el equipo que está detrás del Proyecto Estratégico "Extracción y caracterización de las propiedades térmicas y tecnológicas de almidones de papas nativas", el trabajo dedicado y tiempo invertido en este son evidentes en los resultados que se ha logrado, lo que enriquece el conocimiento científico, como también abre oportunidades invaluables para diversas aplicaciones industriales y alimentarias.

REFERENCIAS

Aaliya, B., Sunooj, K. V., Navaf, M., Akhila, P. P., Sudheesh, C., Sabu, S., Sasidharan, A., Sinha, S. K., & George, J. (2022). Influence of plasma-activated water on the morphological, functional, and digestibility characteristics of hydrothermally modified non-conventional talipot starch. *Food Hydrocolloids*, *130*, 107709. https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2022.107709

Apriyanto, A., Compart, J., & Fettke, J. (2022). A review of starch, a unique biopolymer – Structure, metabolism and in planta modifications. *Plant Science*, *318*, 111223. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2022.111223

Dobosz, A., Sikora, M., Krystyjan, M., Lach, R., & Borczak, B. (2020). Influence of xanthan gum on the short- and long-term retrogradation of potato starches of various amylose content. *Food Hydrocolloids*, *102*(December 2019). https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105618

Govindaraju, I., Sunder, M., Chakraborty, I., Mumbrekar, K. D., Sankar Mal, S., & Mazumder, N. (2022). Investigation of physico-chemical properties of native and gamma irradiated starches. *Materials Today: Proceedings*, *55*, 12–16. https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2021.11.641

Grados, D., García, S., & Schrevens, E. (2020). Assessing the potato yield gap in the Peruvian Central Andes. *Agricultural Systems*, *181*(May 2019), 102817. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102817

Huang, J., Wang, Z., Fan, L., & Ma, S. (2022). A review of wheat starch analyses: Methods, techniques, structure and function. *International Journal of Biological Macromolecules*, *203*, 130–142. https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2022.01.149

Medina, J. A., & Salas, J. C. (2008). Caracterización morfológica del granulo de almidón nativo: Apariencia, forma, tamaño y su distribución. *Revista de ingeniería*, (27), 56-62.

Narpinder Singh, Jaspreet Singh, Lovedeep Kaur, Navdeep Singh Sodhi, Balmeet Singh Gill (2003), Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources, *Food Chemistry, Volume 81, Issue 2*,Pages 219-231Putseys, J. A., Lamberts, L., & Delcour, J. A. (2010). Amylose-inclusion complexes: Formation, identity and physico-chemical properties. *Journal of Cereal Science*, *51*(3), 238–247. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2010.01.011

Lizarazo H, S. P., Hurtado R, G. G., & Rodríguez C, L. F. (2015). Physicochemical and morphological characterization of potato starch (Solanum tuberosum L.) as raw material for the purpose of obtaining bioethanol. *Agronomía Colombiana*, *33*(2), 244-252.

Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Sodhi, N. S., & Gill, B. S. (2003). *Morphological , thermal and rheological properties of starches from different botanical sources*. *81*, 219–231.

Svegmark, K., & Hermansson, A. (1993). Microstructure and rheological properties of composites of potato starch granules and amylose: a comparison of observed and predicted structures. *Food Structure*, *12*(2), 181–193.

Van Kessel, J., & Cruz, D. C. (1992). *Criar la vida: trabajo y tecnología en el mundo andino*. Santiago: Vivarium.

Zhang, B., Murtaza, A., Iqbal, A., Zhang, J., Bai, T., Ma, W., Xu, X., Pan, S., & Hu, W. (2022). Comparative study on nutrient composition and antioxidant capacity of potato based on geographical and climatic factors. *Food Bioscience*, *46*, 101536. https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2021.101536

CAPÍTULO 2

DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE UN KIOSCO INTELIGENTE FOTOVOLTAICO PARA SU INSTALACIÓN EN ÁREAS COMUNES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA - UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CAMPECHE

Data de aceite: 01/11/2023

Mauricio Huchin Miss
Universidad Autónoma de Campeche,
Posgrado de la Facultad de Ingeniería,
San Francisco de Campeche, Campeche,
México.
ORCID: 0000-0002-5669-9098

Germán Escalante
Universidad Autónoma de Campeche,
Posgrado de la Facultad de Ingeniería,
San Francisco de Campeche, Campeche,
México.
ORCID: 0000-0002-5900-4570

Roberto López
Tecnológico de Estudios Superiores de
Jocotitlán,
Estado de México, México.
ORCID: 0000-0001-8341-3684

Antonio Coyopol
Benemérita Universidad Autónoma de
Puebla,
Posgrado en Dispositivos
Semiconductores,
Puebla, México.
ORCID: 0000-0001-5498-5640

Román Romano Trujillo
Benemérita Universidad Autónoma de
Puebla,
Posgrado en Dispositivos
Semiconductores,
Puebla, México.
ORCID: 0000-0001-8824-025X

RESUMEN: En el presente capítulo, se describe el diseño 3D de un de kiosco inteligente fotovoltaico junto con su dimensionamiento, la implementación de paneles fotovoltaicos tiene el objetivo de aprovechar la energía solar y convertirla a energía eléctrica mediante un sistema fotovoltaico autónomo, el cual está integrado por paneles fotovoltaicos, controlador, banco de baterías, inversor y componentes para su interconectividad. De igual forma, se busca impactar localmente a corto y mediano plazo entre la comunidad estudiantil de la Facultad de Ingeniería - UAC, con el desarrollo e implementación física del kiosco (segunda etapa), logrando así ahorro en el consumo de energía eléctrica de los equipos electrónicos que emplean los estudiantes de la Facultad de Ingeniería en sus actividades académicas.

PALABRAS CLAVE: Energía solar, sistema

fotovoltaico, kiosco inteligente.

1 I ASPECTOS GENERALES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.

1.1 Radiación.

Se llama irradiancia (*I*), a la potencia de la radiación que incide en un instante sobre una superficie determinada (W/m^2). Su integración en un intervalo de tiempo irradiación (kJ/m^2 o Wh/m^2), se representa por la letra *H* (Bérmudez Díaz).

En función de cómo inciden los rayos solares en la tierra, se puede identificar tres componentes de la radiación solar:

Radiación directa (B): es la radiación solar recibida sin modificar su dirección al atravesar la atmósfera terrestre. La dirección de la radiación solar directa depende de la localidad geográfica y del instante de tiempo considerado.

Radiación difusa (D): es la radiación solar recibida después de modificar su dirección al atravesar la atmósfera como consecuencia de la dispersión atmosférica.

Radiación solar reflejada o albedo (A): es la radiación solar recibida después de reflejarse en una superficie.

Radiación global: está conformada por la suma de estas tres: **G = B + D + A.**

1.2 Condiciones estándares de prueba.

Son las condiciones para la medición de la potencia nominal de salida de los módulos fotovoltaicos (FV) a 1000 W/m^2, espectro solar AM 1.5 y una temperatura de la celda o módulo de 25°C (CFE, 2008).

1.3 Tipos de módulos y eficiencias.

En el mercado se cuenta con distintos tipos de módulos para aplicaciones interconectadas y fuera de red. Sin embargo, los más empleados actualmente se muestran en a tabla 1.

Tipo	Rendimiento	Característica
Amorfo	< 10%	En general requiere de 14-20 m^2/kWp. Tiene un color marrón en su parte frontal.
Monocristalino	15 - 18%	En general requiere de 7-9 m^2/kWp. Su color característico en la parte frontal es negro y se observa la división de celdas.
Policristalino	12 - 14%	En general requiere de 7-10 m^2/kWp. Su color característico en la parte frontal es azul y se observa la división de celdas.

Tabla 1. Tipos de módulos

Para el caso de módulos monocristalino y policristalino existen arreglos de 36, 60, 72 y 144 celdas. Esta variedad se debe a las distintas aplicaciones o su conectividad con la red.

1.4 Tipos de baterías y sus características.

Las baterías son el medio de almacenamiento de energía en los sistemas fotovoltaicos fuera de red, su principal características es que son de ciclo profundo, por lo que se pueden descargar más del 50% aunque en las baterías del tipo plomo-ácido esto no es recomendable ya que se acorta significativamente la vida útil.

Es común que las baterías se conecten en serie o paralelo mediante un conjunto denominado banco. Éste se diseña en función de la capacidad en Amperes-hora (Ah) requerida por los equipos eléctricos. Otras funciones que también son de relevancia son:

- Almacenar energía para cierta cantidad de días de autonomía.
- Fijar el voltaje de operación del sistema fotovoltaico.

La tabla 2 resume la clasificación de los distintos tipos de baterías.

Tipo	Máxima descarga	Característica	Capacidades máximas a 12 V
Plomo ácido	50%	Requiere mantenimiento	357 Ah
Gel	60%	Libre de mantenimiento	225 Ah
AGM	50%	Libre de mantenimiento	250 Ah
Litio	80 - 100%	Libre de mantenimiento	Variedad de capacidades

Tabla 2. Clasificación de baterias (Alvarado Contreras & Cruz Peralta, Manual del instalador fotovoltaico, 2021).

1.5 Tipos de controladores en sistemas fuera de red.

Los controladores solares también conocidos como reguladores. Son convertidores de corriente directa a corriente directa, que tienen la función de gestionar la energía generada por los módulos evitando la descarga y sobrecarga de la batería. Otras funciones para algunos modelos comprenden:

- Protección contra polaridad inversa
- Sensor de temperatura
- Alimentación hacia cargas de corriente directa

En aplicaciones fotovoltaicas, se pueden emplear principalmente dos tipos de reguladores, siendo PWM o MPPT (ver figura 1).

Figura 1. Controladores solares PWM y MPPT (Carmona Rubio & Díaz Corcobado, 2018).

El regulador PWM utiliza el voltaje que necesita la batería o el banco de baterías para su carga o descarga, por ejemplo, en una batería o banco de baterías de 12V, en un determinado momento, el módulo fotovoltaico está generando 16V, al cargar la batería el regulador suministrará el voltaje de la batería y los 4V de diferencia no se aprovecharán. En cambio, el regulador MPPT identifica el voltaje de la batería o banco y la del módulo fotovoltaico, de manera que aprovecha el máximo voltaje disponible del arreglo (punto de máxima potencia) para cargar el banco (Alvarado Contreras & Cruz Peralta, Manual del instalador fotovoltaico, 2021).

1.6 Inversores y características para sistemas fuera de red.

Otro elemento que compone un sistema fuera de red es el inversor, se encarga de convertir la corriente directa en corriente alterna y estos no requieren ser interconectados a la red (ver figura 2).

Figura 2. Inversores para aplicaciones fuera de red (Alvarado Contreras & Cruz Peralta, Manual de instalador fotovoltaico, 2016).

En el mercado se cuenta con tres tipos de inversores según la aplicación y capacidad, como se muestra en la tabla 3.

Voltaje (V)	Capacidad (W)	Aplicación	Tipo
12	100 - 999	Iluminación	Onda cuadrada
12 - 24	1000 - 1999	Televisión, bluray, taladros	Onda senoidal modificada
12 - 24	2000 - 2999	Motores de mediana capacidad	
12 - 48	3000 - 7000	Bombas, aire acondicionado	Onda senoidal pura

Tabla 3. Tipos de inversores para aplicaciones fuera de red (Alvarado Contreras & Cruz Peralta, Manual de instalador fotovoltaico, 2016).

2 I APLICACIÓN Y ANÁLISIS DE LA ENCUESTA.

Se aplicó una encuesta a una muestra de 100 estudiantes de la facultad, para estimar los usos y consumos de energía en las instalaciones, dicha información se aplicará para realizar el dimensionamiento del kiosco inteligente.

En la figura 3, se muestra la comparación de 4 dispositivos de uso común entre la comunidad estudiantil.

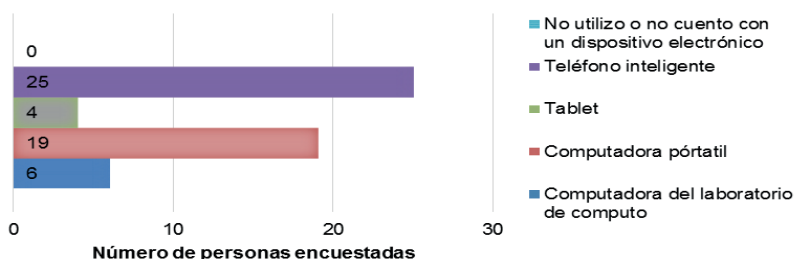



Figura 3. Dispositivos electrónicos de uso común utilizados por los estudiantes.

El teléfono inteligente y la computadora portátil son los dispositivos de mayor uso entre la comunidad estudiantil.

Se preguntó a los estudiantes encuestados el tiempo de uso de estos dispositivos dentro del horario académico, indicando entre 1 a 3 horas para realizar actividades académicas o de esparcimiento, resultando una hora promedio de uso, la opción de mayor elección para cualquier dispositivo electrónico portátil (ver figura 4a). Mientras que fuera del horario académico, los estudiantes permanecen en las instalaciones de la facultad para realizar actividades extras relacionadas a lo académico (ver figura 4b), el uso de estos dispositivos es igualmente de 1 hora en promedio.

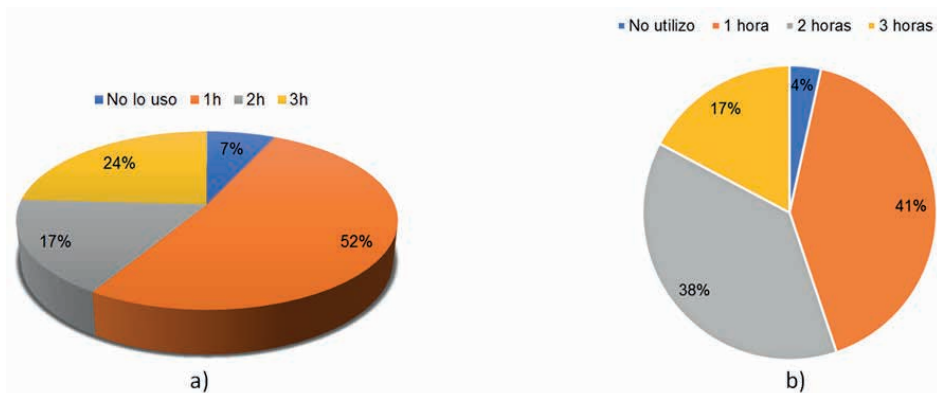



Figura 4. Horas de uso promedio de dispositivos electrónicos a) dentro y b) fuera del horario académico.

Un dato relevante obtenido de la encuesta, es la limitación de espacios o áreas dentro de la Institución que tengan las condiciones mínimas necesarias de confort, para que los estudiantes puedan realizar actividades académicas fuera de sus horas de clase (tareas, consultas por internet, entre otras), los espacios más utilizados por los estudiantes son los salones desocupados o bancas para realizar dichas actividades (ver la figura 5).

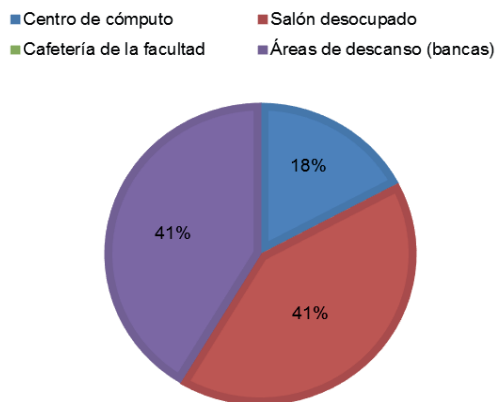



Figura 5. Espacios utilizados por estudiantes para las actividades académicas.

En esta última, se obtuvieron recomendaciones y sugerencias relacionadas a implementar nuevas áreas en puntos estratégicos, mayor cobertura de conexión inalámbrica a través de éstas e incremento de la disponibilidad de espacios, ya que, en su mayoría se encuentran ocupadas, no cuentan con medio de sombreado o conexiones eléctricas

3 I ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

A partir de los resultados de la encuesta, se clasificaron los usos de la energía en iluminación, considerando una lámpara led de 20 W y 1500 lúmenes/m^2 y misceláneos, que incluye un contacto, dos computadoras portátiles y un módem, para un total de 175 W. Las horas de uso promedio son de 4 a 6 h/día y solo el modem un tiempo de 8 h/día. El uso significativo de la energía se debe a la operación de los equipos misceláneos y para este caso, coincide con el consumo promedio mensual y la carga instalada, como se observa en la figura 6.

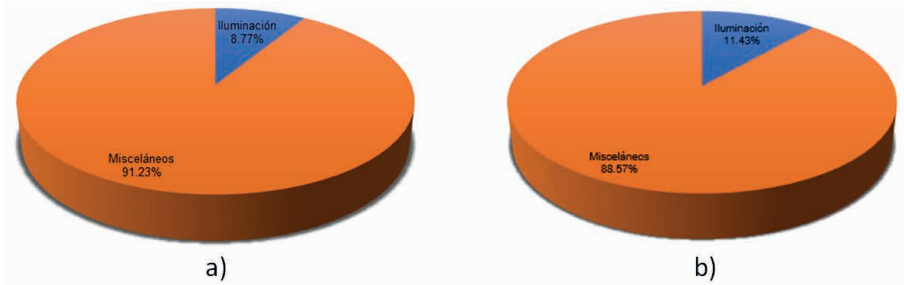



Figura 6. a) Consumo promedio mensual y b) potencia nominal de los equipos del kiosco.

4 I DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO

En el caso de un sistema fotovoltaico autónomo se parte de un análisis de los equipos eléctricos y electrónicos que conformarán el kiosco inteligente, como se muestra en la tabla 4.

Equipo	Potencia W	Wh/día
Luminaria	20	100
Laptop	60	360
Contacto	80	320
Modem	15	120
Total	175	900

Tabla 4. Potencia y consumo energético de las cargas a alimentar.

Banco de batería

A partir de la energía total requerida por día se determina la capacidad del banco de baterías mediante la ecuación 1:

$$Ah_{banco} = \frac{Energía\ requerida}{Tensión\ Banco\ (\%DOD)} = \frac{900\ Wh\ /dia}{(12\ V)(0.5)} = 150\ Ah \quad (1)$$

Por el tipo de cargas se optó por un sistema de 12 V y Profundidad de descarga del 50% (DOD) para prolongar la vida útil. Con estas características, el modelo que se ajusta es el AGM POWER 160 *Ah*-12 *V*. Por lo tanto, el banco de baterías estará conformado por:

$$Banco\ baterias = \frac{150\ Ah}{160\ Ah} = 1\ Bateria$$

Inversor

La potencia total del sistema es de 175 *W* de acuerdo con la tabla 4 y considerando su operación al 80%, se calcula su capacidad mediante la ecuación 2:

$$Capacidad = \frac{Potencia\ total}{0.8} = \frac{175\ W}{0.8} = 218\ \approx 250\ W \quad (2)$$

Por la disponibilidad en el mercado, se requiere un inversor de 250 *W* a 12 V. El modelo que se ajusta es el SAM-250-12 onda senoidal modificada. Las principales características que se deben tomar en cuenta en este modelo son:

- Rango de voltaje de entrada = 10.5-15 *VCD*
- Onda senoidal modificada = 115 *VCA*

Figura 7. Inversor SAM-250-12 (TVC en línea.com, 2019).

Arreglo fotovoltaico

Se debe calcular la potencia fotovoltaica requerida, mediante la ecuación 3, de manera que:

$$P_{FV} = \frac{(Energia\ diaria\ requerida)\ (1.3)}{HSP} = \frac{(900\frac{Wh}{dia})(1.3)}{5.2\ HSP} = 225\ Wp \qquad (3)$$

Empleando módulos policristalinos modelo EGE-150-36 de 150 *Wp* se requieren instalar:

$$No.\,módulos = \frac{225\ Wp}{150\ W} = 1.6 \approx 2\ modulos$$

La caída de voltaje cuando los módulos alcancen una temperatura de 60 °C con un coeficiente de -0.31%/°C será de:

$$60°C - 25°C = 35°C$$

$$\left(\frac{-0.31\ \%}{°C}\right)(35\ °C) = -10.85\ \%\ (18.3) = 1.9\ V$$

Por lo que la perdidas de voltaje de operación del módulo a 60 °C, serán de

$$18.3 - 1.9V = 16.4\ V$$

Cuando el voltaje que suministra el arreglo fotovoltaico no se encuentra dentro del intervalo óptimo para cargas las baterías, se tendrá un banco con déficit de carga. Este sistema, tendrá una operación nominal de 12 *V*, sin embargo, el voltaje en estado flotación puede alcanzar hasta 18 *V* por lo que un voltaje de 16.4 *V* no será suficiente para cargar eficientemente el banco, por esta razón se deben conectar al menos 2 módulos en series. La conexión del arreglo se muestra en la figura 8.

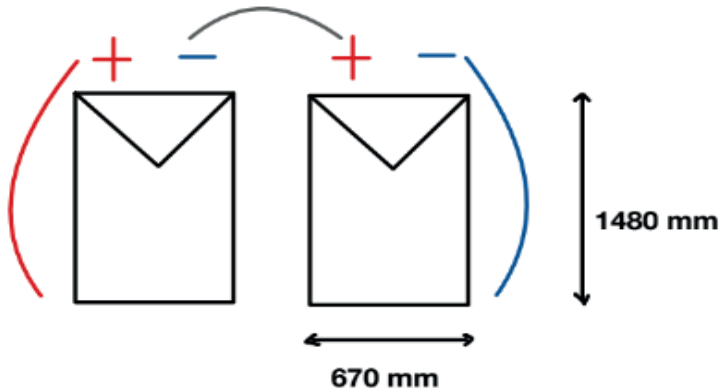



Figura 8. Conexión del arreglo para el kiosco

Las características del arreglo se muestran en la tabla 5.

Potencia pico	300 Wp
LID	3%
Voltaje máxima potencia	36.8 V
Corriente máxima potencia	8.1 A
Voltaje de circuito abierto	45.0 V
Corriente de circuito abierto	8.7 A
Coeficiente de temperatura	-0.31 %/°C

Tabla 5. Parámetros eléctricos del arreglo fotovoltaico.

Controlador

Para hacer más eficiente el proceso de carga de la batería, se usará un controlador MPPT, con las siguientes características:

- Soportar una potencia de $= 2x150\ Wp = 300\ Wp$
- Soportar una corriente de carga de hasta = $= \frac{300\ Wp}{12\ V} = 25\ A$
- Soportar un voltaje de circuito abierto de $= 2\ x\ 22.7 = 45.4\ V$

El controlador que se ajusta a las características es el modelo PS-MPPT-25 (ver figura 9) soporta 12/24 V y hasta 120 V en circuito abierto y 350 W de potencia a 12 V.

Figura 9. Controlador PS-MPPT-25.

Los anteriores equipos conformarán el sistema fotovoltaico y se interconectaran como se muestra en la figura 10.

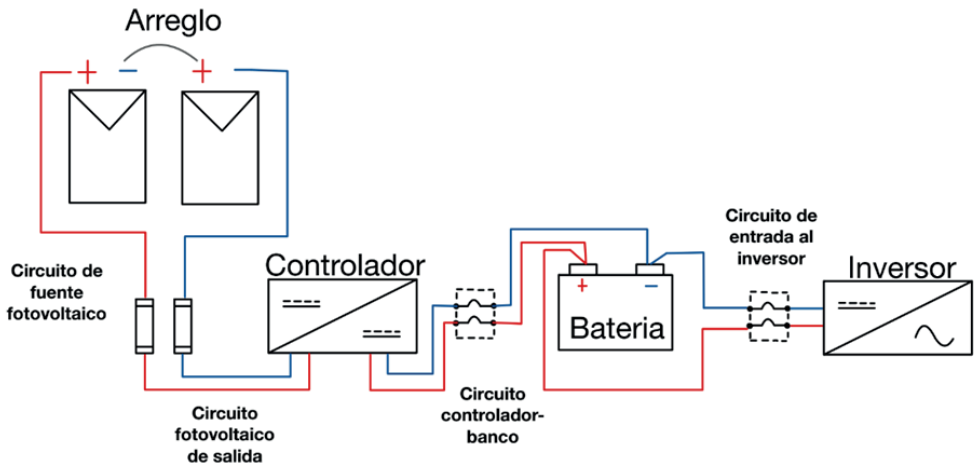



Figura 10. Diagrama del sistema fotovoltaico propuesto.

Cálculo por caída de voltaje

Para evaluar la caída de voltaje en corriente directa, se considera una longitud del conductor de 5 m, a partir de la ecuación 4.

$$e\% = \frac{2iRL}{V_{mp}}(100) \tag{4}$$

donde:

$L = 5\ m = 0.005\ km$

$I_{mp} = 8.2\ A$

$V_{mp} = 36.6\ V$

$R_{\frac{\Omega}{km}} = 6.5\ \frac{\Omega}{km}$

$$e\% = \frac{(2)(8.2\ A)(6.5\ \Omega/km)(0.005\ km)}{36.6\ V}(100) = 1.45\% < 3\%$$

5 I COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO

Las temperaturas medias que se alcanzan en el sitio afectarán la potencia y energía generada por el arreglo, cuando se superen 25°C, de manera que las pérdidas podrán ser de hasta el 0.4-0.5%/°C (Goetzberger & U.Hoffmann, 2005), esto ocasionaría que el arreglo propuesto no satisfaga la necesidad energética.

La evaluación de las pérdidas se realizó mediante dos modelos teóricos utilizados en la literatura. El primer modelo Standard, denominado temperatura de operación nominal de la celda, este no considera la velocidad del viento, pero toma en cuenta la temperatura ambiente y la irradiancia incidente en el plano del módulo (Markvart, 2000) como se muestra en la ecuación 5.

$$T_c = T_a + \frac{I}{I_{NOCT}}\left(T_{NOCT} - T_{a,NOCT}\right) \tag{5}$$

donde:

T_a = Temperatura ambiente

I = Irradiancia incidente

I_{NOCT} = 800 W/m^2

T_{NOCT} = Temperatura del módulo de 45 °C

$T_{a,\ NOCT}$ = Temperatura ambiente de 20 °C

Respecto a la generación de energía, el arreglo propuesto satisface el requerimiento diario aún con un valor crítico en diciembre de 1,127 *Wh*/día que es mayor a los 900 *Wh*/día requeridos. Además, se cuenta con excedentes de energía en el intervalo de 20-39% según el mes, que servirán para almacenamiento de energía y que en conjunto permitirán cargar el 100% de la batería en un promedio de 5 días, como se muestra en la figura 11.

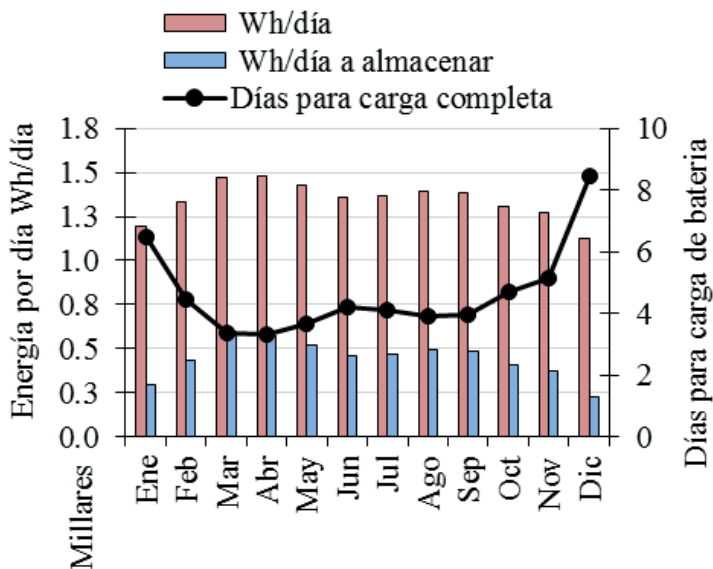



Figura 11. Generación de energía del arreglo propuesto a 1000 *W*/m².

Considerando un decremento de la irradiancia a 400 W/m², el comportamiento energético será el mostrado en la figura 12. La energía generada es de 544 *Wh*/día, por lo que no se satisface el requerimiento diario, toda la energía generada es de uso exclusivo de los equipos a alimentar y en consecuencia no se cargará la batería

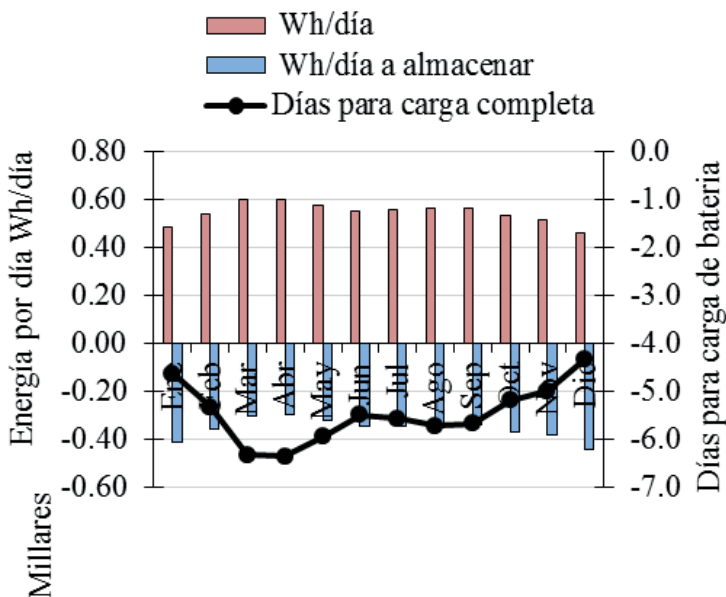



Figura 12. Generación de energía del arreglo propuesto a 400 *W*/m².

6 I MODELADO EN 3D DEL KIOSKO INTELIGENTE.

Como se observa en la figura 13 el prototipo estará integrado por dos módulo EGE-150-36 Wp, en conjunto con una batería AGM POWER 160 AH-12*V* dimensionada al 50% de descarga. La regulación de voltaje se realizará mediante un controlador PS-MPPT-25 que soporta tensiones de 12/24*V* y hasta 120*V* en circuito abierto. La conversión de corriente directa a alterna se realizará con un inversor SAM-250-12 seleccionado para operar al 70% de capacidad (250*W*).

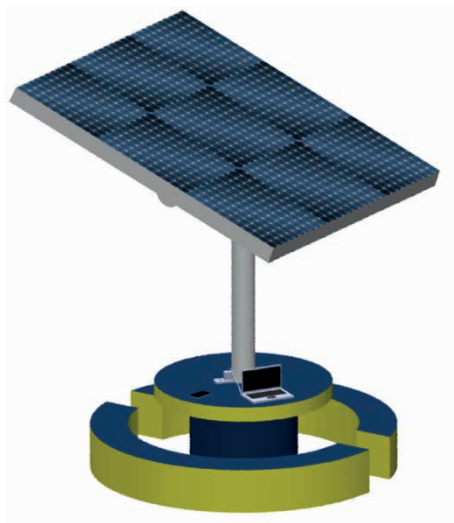



Figura 13. Prototipo funcional de kiosco solar.

Los componentes instalados para satisfacer las necesidades energéticas serán un contacto para conexión de dispositivos electrónicos a 120*V*-60 Hz protegido contra la intemperie, así como una luminaria de 14*W* y un modém para conexión a internet inalámbrico.

7 I CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

A partir de los principales resultados, se obtienen las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- En los meses críticos de menor recurso solar (enero y diciembre), el sistema alcanzará la carga completa en una semana, siempre que se disponga del 20% de la energía generada por los módulos.
- En los meses de mayor recurso solar (marzo y abril), el sistema alcanzará la carga completa en tres días, siempre que se disponga del 39% de la energía generada por los módulos.
- La cantidad de energía a almacenar en la batería dependerá, dependerá de la

disponibilidad energética.

- Es recomendable diseñar nuevos espacios en la Facultad enfocados al desarrollo de actividades académicas y de esparcimiento.
- La colaboración continua con profesores investigadores de otras Instituciones educativas del país, han generado mesas de trabajo para poder desarrollar lo descrito en este capítulo y si, poder contribuir en la medida de lo posible en la transición energética del país.

REFERENCIAS

Alvarado Contreras, M., & Cruz Peralta, G. (2016). *Manual de instalador fotovoltaico.* México.

Alvarado Contreras, M., & Cruz Peralta, G. (2021). *Manual del instalador fotovoltaico.* México: 1450 Ediciones.

Bérmudez Díaz, J. M. (s.f.). *Sistemas de energía solar a baja temepratura en viviendas multifamiliares.* Sevilla.

Carmona Rubio, & Díaz Corcobado. (2018). *Instalaciones solares fotovoltaicas.* Madrid: Mc Graw Hill.

CFE. (Agosto de 2008). Recuperado el 01 de agosto de 2023, de https://lapem.cfe.gob.mx/normas/pdfs/f/G0100-04.pdf

Goetzberger, A., & U.Hoffmann, V. (2005). *Photovoltaic Solar Energy Generation.* Springer.

López Meraz, R. A. (Noviembre de 2012). *Repositorio Intitucional Universidad Veracruzana.* Recuperado el 01 de Agosto de 2023, de https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/31564/lopezmerazraulalberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Markvart, T. (2000). *Solar Electricity.* Southampton.

Mattei, M., Notton, G., Cristofari, C., Muselli, M., & Poggi, P. (2006). Calculation of the polycrystalline PV module temperature using a simple method of energy balance. *Renewable energy*, 15.

SENER. (Noviembre de 2012). *Gobierno de México.* Recuperado el Julio de 2023, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/512096/NOM-001-SEDE-2012.pdf

TVC en línea.com. (junio de 2019). Recuperado el 15 de Junio de 2023, de https://tvc.mx/products/24843/sam-250-12-inversor-de-corriente-cd-ca-potencia-nominal

CAPÍTULO 3

EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE QUINUA NEGRA COLLANA (*Chenopodium quinoa* Willd.) Y ESPIRULINA (*Arthrospira platensis*) EN EL CONTENIDO PROTEICO EN LA ELABORACIÓN DE QUEQUES

Data de aceite: 01/11/2023

Fernando Huayta Quispe
Universidad Nacional de Juliaca.
https://orcid.org/0000-0002-8255-3922

Tania Jakeline Choque Rivera
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0002-3305-0755

Lenin Quille Quille
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0003-3824-5268

Olivia Magaly Luque Vilca
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0002-9000-4624

Noe Benjamin Pampa Quispe
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0001-8072-249X

Carlos Ricardo Hanco Cervantes
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0009-0002-8527-0274

Yimy Hancco Cayllahua
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0002-8250-9665

Luz Delia Mamani Perales
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0009-0002-8527-0274

Edgardo Martín Figueroa Donayre
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0001-7891-3334

Maxima Elizabeth Valeriano Mamani
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0002-2357-4598

Ángel Vladimir Flores Quenaya
Peritos y Tasadores Ingenieros SRL
https://orcid.org/0000-0001-9774-4599

RESUMEN: La industria de la panificación tiene una gran demanda, así mismo una gran aceptación por la población rural y urbana. Pero estas carecen de innovación y valor agregado en cuanto al valor nutricional. La harina de quinua INIA – 420 Negra Collana y Spirulina son fuentes de proteínas y otros compuestos para ser agregados a distintas matrices alimentarias de innovación, las cuales pueden contribuir en minimizar la desnutrición. El objetivo de

la investigación fue evaluar el efecto de adición de harina de quinua INIA – 420 Negra Collana y Spirulina para la elaboración de queques con alto valor proteico, para ello se determinó los porcentajes óptimos de adición de harina de quinua negra y spirulina sobre el contenido de proteína en 13 tratamientos, utilizando el modelo de superficie de respuesta y diseño central compuesto. El mejor tratamiento fue T1 (34.1 % harina de quinua negra y 2.0 % spirulina) que obtuvo 8.72 % proteína, 18 % humedad, 0.42 % acidez, 1.84 % ceniza y 1.42 me/kg de peróxido. Concluyendo que la harina de quinua INIA 420 – Negra Collana y Spirulina mejora el valor nutricional en términos de proteína, y se consideran prometedor como ingredientes para la elaboración de queques dirigido a la alimentación infantil, por que contribuirá a la salud nutricional, así mismo se pueda considerar una opción saludable de merienda que es fuente de proteína.
PALABRAS CLAVE: *Chenopodium quinoa* Willd., proteína, spirulina, y quinua negra.

ABSTRACT: The bakery industry is in great demand, as well as a great acceptance by the rural and urban population. But these lack innovation and added value in terms of nutritional value. Quinoa flour INIA - 420 Negra Collana and Spirulina are sources of proteins and other compounds to be added to different innovative food matrices, which can contribute to minimize malnutrition. The objective of the research was to evaluate the effect of the addition of INIA - 420 Negra Collana quinoa flour and Spirulina for the elaboration of high protein value cakes. For this purpose, the optimal percentages of addition of black quinoa flour and Spirulina on the protein content were determined in 13 treatments, using the response surface model and central composite design. The best treatment was T1 (34.1 % black quinoa flour and 2.0 % spirulina) which obtained 8.72 % protein, 18 % moisture, 0.42 % acidity, 1.84 % ash and 1.42 me/kg peroxide. Concluding that the quinoa flour INIA 420 - Black Collana and Spirulina improves the nutritional value in terms of protein, and are considered promising as ingredients for the preparation of cakes aimed at children's food, because it will contribute to nutritional health, so it can be considered a healthy snack option that is a source of protein.
KEYWORDS: *Chenopodium quinoa* Willd., protein, spirulina, black and quinoa.

1 I INTRODUCCIÓN

En Perú las matrices alimentarias elaboradas por la industria de la panificación tienen una gran aprobación por los sectores rurales y urbanos; tales como el queque, alimentos que tienen considerable importancia en todos los niveles sociales de la población.

La desnutrición es un problema de salud mundial, afectando principalmente a niños en países en vías de desarrollo, según la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), uno de cada ocho menores de cinco años padecían desnutrición crónica en los países en desarrollo (Al-Azhar, 2016).

La quinua INIA 420 – Negra Collana (*Chenopodium quinoa* Willd.*)*, es reconocida como un grano andino con alto contenido nutricional, con potencial para la alimentación de la población en la región andina de Sudamérica, la quinua supera los requerimientos estándar, este grano es utilizado como un ingrediente saludable para producción de productos: pasta, pan, harinas, snacks y otros alimentos. Cada vez se reportan varios estudios científicos

sobre la aplicación de la quinua en sustituto o suplemento de propiedades nutricionales y funcionales, la quinua aporta entre 14 a 17 porciento de proteína (Chatain et al., 2019).

Se ha informado que la spirulina, es una fuente nutricional desde el siglo XVI, y las Naciones Unidas, es su conferencia mundial celebrada en 1974, declararon a la spirulina como posible "mejor alimento para el futuro" (Maddaly et al., 2010), la spirulina, es el nombre común con el que se conoce a la biomasa seca de la *Arthrospira platensis,* varias investigaciones alcanzaron comprobar la composición nutricional de la spirulina y sus efectos beneficiosos de la salud (Batista et al., 2012), la spirulina es rica en fuentes de proteína, lípidos, vitaminas B y minerales como calcio, hierro, magnesio, manganeso, potasio y zinc (Campanella et al., 2002), es más fácil de digerir que la carne, contiene aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales y pigmentos (Tarazona, 2018), varias investigaciones indican que la spirulina es un super alimento por su contenido de 65 a 70 porciento de proteína y gran cantidad de vitaminas y minerales, varios estudios han proporcionado la evidencia de la eficiencia de spirulina en la nutrición humana.

La adición de granos andinos a nuevas matrices alimentarias incrementa el valor nutricional, así mismo proporciona efectos positivos en las características sensoriales del producto (Stikic et al., 2012).

Es así que la spirulina y la quinua negra son alimentos que se pueden adicionar a diferentes matrices alimentarias de innovación o tradicionales. Por lo tanto, el objetivo del estudio el efecto de la harina de quinua Negra Collana (*Chenopodium quinoa* Willd.) y espirulina (*Arthrospira platensis*) en el contenido proteínico en los queques.

2 I METODOLOGÍA

2.1 Materia prima

Las materias primas utilizadas para la formulación de los experimentos fueron, harina de Quinua INIA 420 - Negra Collana (*Chenopodium quinoa* Will.) adquirida de la estación experimental INIA. La composición se muestra en la tabla 01, observando que presenta 12.97% de proteína; Spirulina en presentación biomasa seca pulverizada, adquirida de la empresa Plus Green Spirulina de la ciudad de Arequipa, la composición de proteína de la biomasa seca fue de 62.84%, y estas fueron almacenadas a una temperatura ambiente.

Materia prima	% proteína*	% humedad	% ceniza
Harina de quinua INIA 420 – Negra Collana	12.97	8.21	2.41
Spirulina	62.84	12.1	6.41

Tabla 01 - Análisis de la materia prima

Fuente: *BHIOS LAB, (@)@!)

2.2 Diagrama experimental

En la figura 01, se muestran los procesos que se dieron para el desarrollo de la investigación.

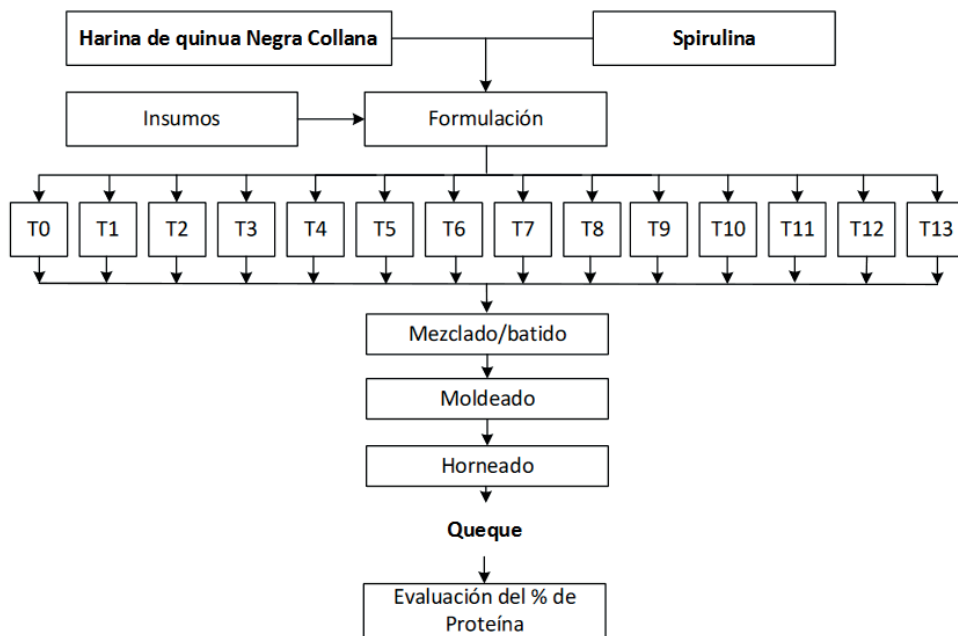



Figura 01: Diagrama experimental de la investigación

2.3 Evaluación de los porcentajes de la adición de harina de quinua Negra Collana y Spirulina

En la tabla 02 y 03 se muestran el porcentaje de adición de harina quinua Negra Collana y Spirulina y la formulación de los trece tratamientos con diferentes porcentajes de harina de quinua (2.8 min y 34 % max) y spirulina (0.5 min – 3.4 % max); los queques se prepararon con porcentajes constantes de insumos secundarios: huevo 10%, azúcar 15, zumo de naranja 5%, leche 17%, mantequilla sin sal 5%, polvo de hornear 1%, esencia de vainilla 1%. Estos ingredientes fueron mezclados, dando forma y horneado, las muestras de queque se hornearon en un horno a 175° C durante 20 min, las muestras se almacenaron a temperatura ambiente hasta su análisis correspondiente.

	% harina de quinua Negra Collana	% de Spirulina
Mp	0.0	0.0
Nmin	5.8	0.5
NB*	10.0	1.0
NM**	20.0	2.0
NA***	30.0	3.0
Nmax	34.1	3.4

Nota: Mp: mustra patrón, Nmin: nivel mínimo, NB: Nivel bajo, NM: nivel medio, NA: nivel alto, Nmax: Nivel máximo.

Tabla 02 - Porcentaje de adición de harina de quinua Negra Collana y Spirulina

Evaluación del contenido proteínico y proximal de los queques

La composición proximal se determinó de acuerdo con la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC, 1995); proteína (método 960.52) con factor de conversión de 6.25, lípidos (método 920.39), ceniza (método 923.03), peróxido (método NTP 206.013), humedad (método 925.10) y los carbohidratos se cuantificaron por diferencia.

N.° de tratamiento	% de harina de quinua Negra Collana	% de Spirulina
0[a]	0	0
1	34.1	2.0
2	20.0	0.5
3	5.8	2.0
4	10.0	1.0
5	10.0	3.0
6	30.0	3.0
7	20.0	3.4
8	30.0	1.0
9	20.0	2.0
10	20.0	2.0
11	20.0	2.0
12	20.0	2.0
13	20.0	2.0

a = tratamiento patrón

Tabla 03 - Formulación de queques con adición de harina de quinua negra y spirulina

Diseño estadístico

Se aplico el diseño central compuesto (modelo de superficie de respuesta), considerando como variables el porcentaje de adición de la harina de quinua negra collana y porcentaje de spirulina en el proceso de la formulación.

3 I RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Evaluación del efecto de la adición de harina de quinua negra collana y spirulina en el contenido de proteína en la elaboración de queque.

Según los resultados obtenidos en las pruebas fisicoquímicos descritos en la tabla 04 correspondiente a los trece tratamientos, estas se encuentran dentro de los parámetros dados por MINSA (2010), norma sanitaria para la fabricación, elaboración y expendio de productos de panificación, galleteria y pastelería RM N° 1020-2010/MINSA, así mismo se puede evidenciar el tratamiento con mayor porcentaje de proteína es el tratamiento T1 con 8.72 % e inferior el tratamiento T0 (muestra control) 7.02 %.

Tratamientos	**Proteína** % X ± DE	**Humedad** % X ± DE	**Acidez** % X ± DE	**Ceniza** % X ± DE	**Peróxido** Me/kg X ± DE
T0*	7.02 ± 0.01	15.33 ± 0.81	0.43 ± 0.01	1.53 ± 0.28	1.48 ± 0.07
T1	8.72 ± 0.02	18.00 ± 1.00	0.42 ± 0.05	1.84 ± 0.80	1.42 ± 0.02
T2	8.03 ± 0.01	19.75 ± 0.68	0.42 ± 0.05	1.5 ± 0.05	1.43 ± 0.01
T3	8.27 ±0.03	18.52 ± 0.51	0.48 ± 0.05	1.6 ± 0.14	1.43 ±0.01
T4	8.49 ± 0.06	18.69 ± 0.37	0.48 ± 0.05	1.45 ± 0.18	1.47 ± 0.01
T5	8.41 ± 0.02	18.54 ± 0.12	0.42 ± 0.05	1.62 ± 0.27	1.42 ± 0.01
T6	8.57 ± 0.01	17.56 ± 0.47	0.48 ± 0.05	1.75 ± 0.06	1.48 ± 0.01
T7	8.31 ± 0.02	17.54 ± 0.11	0.47 ± 0.04	1.49 ± 0.17	1.47 ± 0.02
T8	8.04 ± 0.01	17.78 ± 0.61	0.48 ± 0.05	1.57 ± 0.39	1.48 ± 0.02
T9	8.44 ± 0.04	17.94 ± 0.58	0.42 ± 0.05	1.56 ± 0.13	1.43 ± 0.02
T10	8.45 ± 0.02	17.92 ± 0.89	0.42 ± 0.05	1.57 ± 0.26	1.42 ± 0.02
T11	8.44 ± 0.02	17.93 ± 0.56	0.43 ± 0.06	1.57 ± 0.22	1.43 ± 0.01
T12	8.43 ± 0.02	17.94 ± 0.86	0.42 ± 0.01	1.58 ± 0.32	1.42 ± 0.01
T13	8.45 ± 0.01	17.93 ± 0.63	0.43 ± 0.06	1.56 ± 0.23	1.43 ± 0.01

*= tratamiento control, DE = desviación estándar.

Tabla 04 - Composición proximal de los queques.

En la figura 02 (a) la curva negra muestra la variación del contenido de proteína cuando se trabaja a menos de 5.8 % de harina de quinua y la curva roja cuando se trabaja a mayor de 34.1% de harina de quinua, donde se observa el incremento de proteína, del mismo modo en la figura 2 (b) la curva negra muestra la variación del contenido proteína cuando se trabaja a menos de 0.5 de spirulina y la curva roja cuando se trabaja a mayor de 3.4 de spirulina, observando el incremento de proteína.

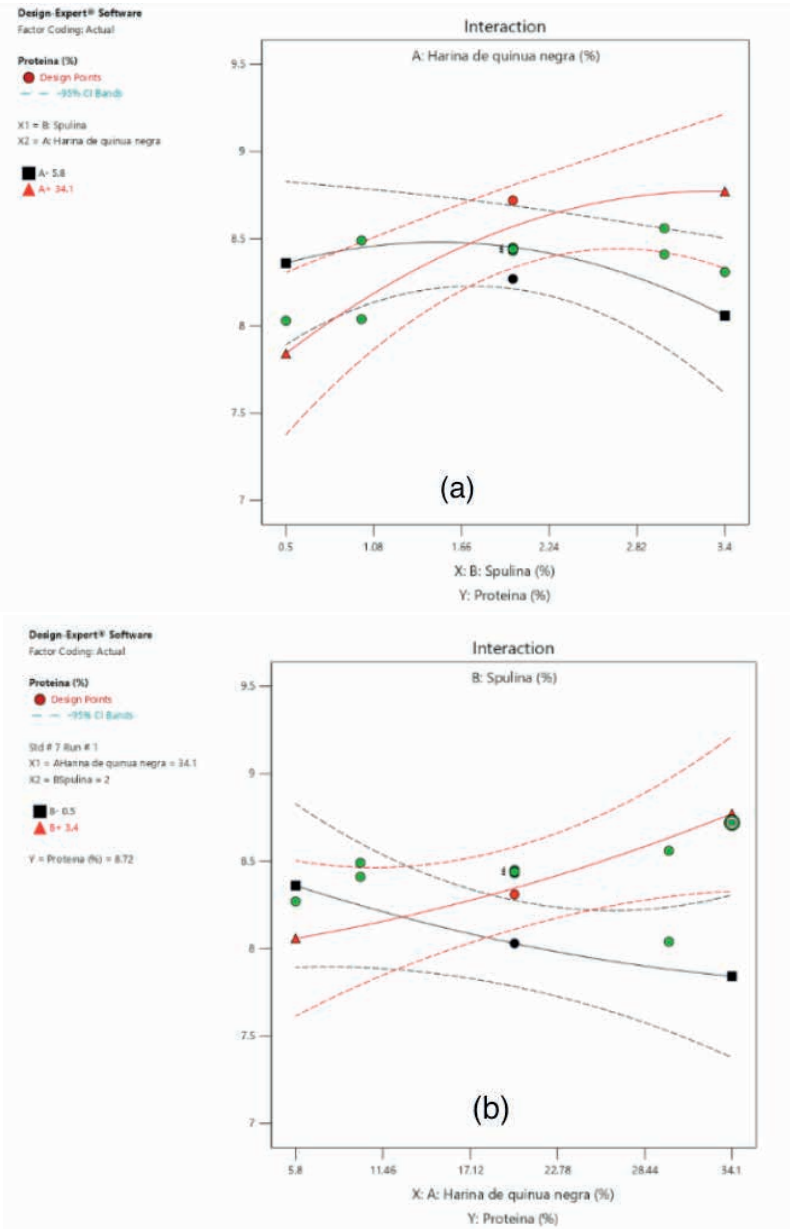



Figura 02: (a) Diagrama de interacción para harina de quinua negra, (b) diagrama de interacción para la spirulina, respecto al porcentaje proteína.

En la figura 03 (a) se observa el gráfico obtenido, tipo silla de montar de ascenso, el pico de color rojo cálido muestra los mejores tratamientos, y en la figura 03 (b) se observa el gráfico de contorno con una trayectoria en sentido de su máxima pendiente, así mismo el punto silla o estacionario se encuentra en el centro del gráfico, por otro lado, se puede observar los niveles bajos de porcentaje de proteína en la parte superior e inferior de color

azul frío, y en la parte derecha superior de color rojo cálido o la pendiente máxima con los mejores tratamientos. Los gráficos muestran que, a medida, aumenta el porcentaje de harina de quinua negra y spirulina el porcentaje de proteína incrementa. En la figura 03 (b) se muestra la zona de color rojo cálido con mayor porcentaje de proteína siendo los mejores tratamientos el T1 (8.72%) y T6 (8.57%), mientras que los valores menores se encuentran en el valle de color azul y verde.

En la investigación se obtuvo como mejor tratamiento el T1 con 8.72 % de proteína con la adición de 34.1 % de harina de quinua negra Collana y 2.0 % de spirulina, seguido del T6 con 8.57 % proteína, estos resultados demuestran que el incremento de harina de quinua y spirulina incrementa el porcentaje de proteína, tal como lo demuestran diversas investigaciones, Zanganeh *et al.* (2020) menciona que el contenido de proteína, así como otras propiedades nutricionales del bizcocho, aumento a medida que se incrementó el contenido de spirulina, así mismo Hassani (2019) indica que al incrementar spirulina a la matriz alimentaria, mejora las propiedades fisicoquímicas y funcionales.

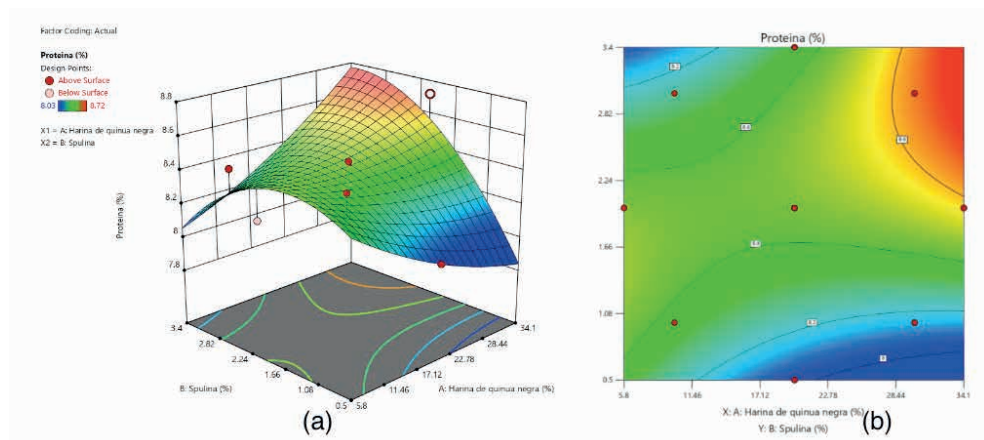



Figura 03: (a) Diagrama de superficie de respuesta 3D, (b) diagrama de contorno respecto al porcentaje de proteína

También se realizó el análisis de varianza (ANOVA) que se observa en la tabla 05, teniendo un valor P valor-p menor a 0.050, por lo tanto existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se realizó la comparación de medias (tabla 04) mediante la prueba Tukey, donde se clasifica en 5 grupos a los tratamientos: grupo “A” representado por el tratamiento T1, grupo “B” representado por los tratamientos T6 y T4, grupo “C” representado por el grupo T4, T13, T10, T11, T9, T12, T5, grupo “D” representado por los tratamientos T7 y T3, y el último grupo “E” conformado por los tratamientos T8 y T2, tal como se observa en la tabla 06.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	12	1.30968	0.109140	141.88	0.000
Error	26	0.02000	0.000769		
Total	38	1.32968			

Tabla 05 - Análisis de la varianza del contenido de proteína en la elaboración de queque

Por otro lado, Palomino (2015) y Vásquez *et al.* (2016), efectuaron comparaciones de pan normal y panes con la adición de harina de quinua a diferentes porcentajes, por lo que dan a conocer que el porcentaje de proteína en el pan incrementa a medida que se aumenta el porcentaje de sustitución, así mismo de Morais *et al.*, (2006) señala que el incremento de proteína en los bizcochos con adición de 5.0 % de spirulina, obtuvieron 7.7 % de proteína, del mismo modo Krüger *et al.* (2003) obtuvo queques con 7.6 a 8.1 % de proteína y la comparo con queque comercial que presento 6.3 % de proteína, por lo que la adición de legumbres o granos a los productos de panadería mejora en su calidad nutricional, evidenciando aumento en su calidad y cantidad proteica, estas investigaciones dan sustento a los resultados obtenidos en esta investigación. Así mismo en el estudio de los trece tratamientos se muestra un incremento mínimo, tal como reporto Souzankar *et al.* (2019) en la que menciona, que la cantidad de proteína aumento de un mínimo de 0.17 % a 1.82 % en la elaboración de bizcochos, del mismo modo Ferreira *et al.* (2022) reporto un incremento mínimo de proteína 9.63, 10.01 y 10.71 % de proteína con la adición de 1, 3 y 5 % de spirulina donde menciona que la temperatura influyo sobre las propiedades nutricionales 180 °C por 15 min, la influencia de la temperatura y tiempo de horneado juegan un papel importante en la obtención de matrices alimentarias nutricionales, las altas temperaturas afectar las propiedades nutricional degradando las proteínas y otras propiedades tal como afirma.

TRATAMIENTOS	N	Media	Agrupación				
T1	3	8.7200	A				
T6	3	8.56667		B			
T4	3	8.4933		B	C		
T13	3	8.44667			C		
T10	3	8.4467			C		
T11	3	8.4433			C		
T9	3	8.4400			C		
T12	3	8.4333			C		
T5	3	8.4133			C		
T7	3	8.31333				D	
T3	3	8.2733				D	
T8	3	8.040					E
T2	3	8.0300					E

Tabla 06 - Análisis de comparación en parejas de Tukey y una confianza de 95%

En el estudio se llegó a alcázar a 8.72 % de proteína con la adición de 34.1 % de harina de quinua y 2.0 % de spirulina, mientras que en otras investigaciones señalan valores mínimos y otras superiores en contenido de proteína, Pisfil (2017) argumenta que en la elaboración de pan con la adición de harina de quinua, cañihua y kiwicha alcanzó a una optimización de 9 % harina de quinua obteniendo 11.95 % proteína, por otro lado, Huayna (2016)y la determinación de la vida útil de la premezcla, las variables experimentales en la etapa de premezcla fueron: harina de quinua (10, 16, 28 y 30% optimizo la incorporación de harina de tarwi y quinua incrementando el contenido de proteína donde se determinó que la mezcla adecuada fue el 10 % de harina de quinua en la elaboración de queque, reportando 6.97 % proteína.

4 | CONCLUSIONES

Los mejores tratamientos fluctúan entre 8.57 y 8.72 % de proteína, siendo el valor más alto en contenido de proteína la formulación T1 (8.72 %) con adición de 34.1 % de harina de quinua INIA 420 – Negra Collana y 2 % de spirulina, así mismo se evidenció que se ha superado en contenido proteico al queque común (muestra control), por otro considerando la maximización de variables, el valor optimizado encontrado es de 8.77 % de proteína la cual se podría llegar a ese valor con la adición de 34.1 % de harina de quinua negra Collana y 3.4 % spirulina, de esta manera se pudo evidenciar que el incremento del porcentaje de harina de quinua negra y spirulina incrementa el valor proteico del queque,

siendo esta formulada de acuerdo al porcentaje verdadero en panadería.

REFERENCIAS

Al-Azhar, G. (2016). Impact of spirulina on nutritional status, haematological profile and anaemia status in Malnourished Children in the Gaza Strip: Randomized Clinical Trial. *Maternal and Pediatric Nutrition*, *2*(2). https://doi.org/10.4172/2472-1182.1000110

Batista, A., Nunes, M., Fradinho, P., Gouveia, L., Sousa, I., Raymundo, A., & Franco, J. M. (2012). Novel foods with microalgal ingredients - Effect of gel setting conditions on the linear viscoelasticity of Spirulina and Haematococcus gels. *Journal of Food Engineering*, *110*(2), 182–189. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.05.044

Campanella, L., Russo, M. V., & Avino, P. (2002). Free and total amino acid composition in blue-green algae. *Annali Di Chimica*, *92*(4), 343–352. https://www.researchgate.net/publication/11300800 Free

Chatain, C., Pernollet, M., Pralong, P., & Leccia, M. (2019). Anaphylaxie alimentaire au Quinoa. *Revue Française d'Allergologie*, *59*(3), 243–244. https://doi.org/10.1016/j.reval.2019.02.021

Ferreira, R., Moura, W., Crescêncio, P., Araújo, É., & Ferreira, Y. (2022). Composição nutricional de cookies enriquecidos com Spirulina platensis Nutritional composition of cookies enriched with Spirulina platensis Composición nutricional de galletas enriquecidas con Spirulina platensis. *Society and Development*, *2022*, 1–10.

Hassani, M. (2019). Enrichment and Functional Effects on Baking Bread. *Babol Univ Med Sci J*, *20*(1), 12–20. http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsdoj&AN=edsdoj.744ef19eedd4768a61d8958c9509ed9&lang=pt-pt&site=eds-live&scope=site&custid=ns000558&groupid=main&profile=eds&authtype=ip,guest

Huayna, C. (2016). *Optimización de formulación de premezcla para la elaboracion de Queque con sustitución parcial de harina de Tarwi (Lupinus Mutabilis) y Quinua (Chenopodium quinoa Willd) y evaluación de su vida útil* [Universidad Nacional del Altiplano.]. http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3266%0Ahttp://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3266/Huayna_Chara_Carlos_David.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3266/Huayna_Chara_Carlos_David.pdf?sequ

Maddaly, R., Sai, L., Syed, A., & Solomon, P. (2010). The beneficial effects of spirulina focusing on its immunomodulatory and antioxidant properties. *Nutrition and Dietary Supplements*, *2*, 73–83. https://doi.org/10.2147/NDS.S9838

Palomino, H. (2015). *Evaluación de las propiedades físicas, químicas y organolépticas del pan tipo molde enriquecido con harina de quinua (chenopodium quinoa willd) y chia (salvia hispanica L.)* [Universidad Nacionl José Maria Arguedas]. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAJ_afbfc090f1d804b19bbcb804aca5a4ab

Pisfil, C. (2017). *Optimización del nivel de sustitución de la harina de trigo por harina de quinua (chenopodium quinoa), cañihua (chenopodium pallidicaule) y kiwicha (amaranthus caudatus) en la elaboración de pan panini precocido* [Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. http://www.unprg.edu.pe/univ/portal/documentos_s/7. ESTATUTO ACTUALIZADO 2019 DE LA UNPRG.pdf

Souzankar, R., Chaichi-Nosrati, A., & Movahhed, S. (2019). Enrichment of Coated Wafers by Addition of Micro Algae Arthrospira (Spirulina) Platensis Powder. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, *13*(2), 51–60.

Stikic, R., Glamoclija, D., Demin, M., Vucelic-Radovic, B., Jovanovic, Z., Milojkovic-Opsenica, D., Jacobsen, S. E., & Milovanovic, M. (2012). Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (Chenopodium quinoa Willd.) as an ingredient in bread formulations. *Journal of Cereal Science*, *55*(2), 132–138. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.10.010

Tarazona, P. (2018). *La Espirulina una Oportunidad Como Alimento Funcional*. http://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/8816

Vásquez, F., Verdú, S., Islas, A., Barat, J., & Grau, R. (2016). Efecto de la sustitucion de harina de trigo con harina de quinoa (chenopodium quinoa) sobre las propiedades reologicas de la masa y texturales del pan. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, *17*(2), 307–317. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81349041018

Zanganeh, N., Barzegar, H., Alizadeh, N., & Mehrinia, M. (2020). Investigation of the effect of different Spirulina platensis levels on nutritional, physicochemical and sensory properties of sponge cake. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, *16*(2), 207–220. https://doi.org/10.22067/ifstrj.v16i2.81859

CAPÍTULO 4

EVALUACIÓN DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE QUINUA NEGRA COLLANA (*Chenopodium quinoa* Willd.) Y ESPIRULINA (*Arthrospira platensis*) SOBRE EL CONTENIDO DE HIERRO EN LA PRODUCCIÓN DE QUEQUES

Data de aceite: 01/11/2023

Fernando Huayta Quispe
Universidad Nacional de Juliaca.
https://orcid.org/0000-0002-8255-3922

Tania Jakeline Choque Rivera
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0002-3305-0755

Lenin Quille Quille
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0003-3824-5268

Olivia Magaly Luque Vilca
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0002-9000-4624

Noe Benjamin Pampa Quispe
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0001-8072-249X

Carlos Ricardo Hanco Cervantes
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0009-0002-8527-0274

Yimy Hancco Cayllahua
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0002-8250-9665

Luz Delia Mamani Perales
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0009-0002-8527-0274

Edgardo Martín Figueroa Donayre
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0001-7891-3334

Maxima Elizabeth Valeriano Mamani
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0000-0002-2357-4598

Maxgabriel Alexis Calla Huayapa
Universidad Nacional de Juliaca, Facultad de Ingeniería de Procesos industriales
https://orcid.org/0009-0001-2418-3740

RESUMEN: Hoy en día se tiene un enfoque sobre la búsqueda de alternativas innovadoras para mejorar la calidad nutricional de productos horneados comúnmente consumidos, como los queques. La harina de quinua Negra Collana y la espirulina se han destacado por su alto contenido de hierro, un mineral fundamental para funciones biológicas esenciales en el organismo humano. El objetivo

de la investigación fue evaluar la adición de harina de quinua INIA – 420 Negra Collana y Spirulina sobre el contenido de hierro en la producción de queques. Las formulaciones a evaluar el contenido de hierro fueron T1 (34.1 % harina de quinua negra y 2.0 % spirulina), T6 (30% harina de quinua negra y 3.0 % spirulina) y muestra control (sin adición de harina de quinua negra y spirulina); conducidos bajo el diseño completamente al azar (DCA) y comparados según la prueba de Duncan; finalmente se sometió al análisis de aceptabilidad, mediante la metodología de escala hedónica facial de 5 puntos, con la participación de 100 consumidores, analizado mediante la prueba de Friedman. La mejor formulación fue T1 (34.1 % harina de quinua negra y 2.0 % spirulina) que se caracteriza por contener 8.72 % proteína, 18 % humedad, 0.42 % acidez, 1.84 % ceniza y 1.42 me/kg de peróxido, quien presentó mayor contenido de hierro (3.414 mg/100g de hierro), y mejores características sensoriales, concluyendo que la incorporación de harina de quinua INIA 420 – Negra Collana y Spirulina en la formulación se perfilan como opciones ideales para mejorar el perfil nutricional de los queques, convirtiéndolos en alternativas más saludables y beneficiosas para la alimentación infantil.
PALABRAS CLAVES: *Chenopodium quinoa* Willd., hierro, spirulina, y quinua negra.

ABSTRACT: Today, there is a focus on the search for innovative alternatives to improve the nutritional quality of commonly consumed baked goods, such as cakes. Negra Collana quinoa flour and spirulina have been highlighted for their high iron content, a fundamental mineral for essential biological functions in the human organism. The objective of the research was to evaluate the addition of INIA - 420 Negra Collana quinoa flour and Spirulina on the iron content in the production of cakes. The formulations to evaluate the iron content were T1 (34.1 % black quinoa flour and 2.0 % spirulina), T6 (30% black quinoa flour and 3.0 % spirulina) and control sample (without addition of black quinoa flour and spirulina); conducted under the completely randomized design (DCA) and compared according to Duncan's test; finally it was subjected to acceptability analysis, using the methodology of facial hedonic scale of 5 points, with the participation of 100 consumers, analyzed by Friedman's test.The best formulation was T1 (34.1 % black quinoa flour and 2.0 % spirulina) which is characterized by containing 8.72 % protein, 18 % moisture, 0.42 % acidity, 1.84 % ash and 1.42 me/kg peroxide, who presented higher iron content (3. 414 mg/100g of iron), and better sensory characteristics, concluding that the incorporation of INIA 420 - Negra Collana quinoa flour and Spirulina in the formulation are ideal options to improve the nutritional profile of the cakes, making them healthier and more beneficial alternatives for infant feeding.
KEYWORDS: *Chenopodium quinoa* Willd., iron, spirulina, black and quinoa.

1 I INTRODUCCIÓN

La investigación sobre el efecto de la sustitución parcial de la harina de quinua Negra Collana y espirulina en el contenido de hierro en la elaboración de queques es de gran relevancia en el contexto actual de la nutrición y la salud alimentaria. El enfoque de este estudio radica en la búsqueda de alternativas innovadoras para mejorar la calidad nutricional de productos horneados comúnmente consumidos, como los queques. La harina de quinua Negra Collana y la espirulina se han destacado por su alto contenido de hierro,

un mineral fundamental para funciones biológicas esenciales en el organismo humano.

Así también la anemia representa una problemática de salud a nivel global, caracterizada por una disminución en la cantidad de glóbulos rojos o de hemoglobina en la sangre, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) la carencia de hierro es una de las mayores prevalencias a nivel mundial, y según el gobierno peruano su prevalencia en los niños de entre 6 y 35 meses es de 40.9%, una cifra que equivale a aproximadamente 700,000 infantes (Diario el Peruano, 04 de octubre del 2023). Esta afección puede ser causada por varios factores, siendo la deficiencia de hierro una de las causas más comunes.

En esta investigación, se explora cómo la inclusión de estas harinas en la elaboración de queques puede enriquecer el contenido de hierro, ofreciendo así una estrategia prometedora para abordar la deficiencia de este mineral, un problema de salud pública de alcance global. Además, se busca evaluar si esta sustitución parcial afecta negativamente las características sensoriales del producto final. Siendo una alternativa la utilización de harina que quinua INIA 420 – Negra Collana (*Chenopodium quinoa* Willd.*),* que aporta entre 14 a 17 por ciento de proteína (Chatain et al., 2019), la spirulina que es rica en fuentes de proteína, lípidos, vitaminas B y minerales como calcio, hierro, magnesio, manganeso, potasio y zinc (Campanella et al., 2002).

Es así que la spirulina y la quinua negra son alimentos que se pueden adicionar a diferentes matrices alimentarias de innovación o tradicionales. Por lo tanto, el objetivo del estudio es evaluar la sustitución de la harina de quinua Negra Collana (*Chenopodium quinoa* Willd.) y espirulina (*Arthrospira platensis*) sobre el contenido de hierro en la producción de queques. El conocimiento derivado de este estudio puede contribuir significativamente a la mejora de la calidad nutricional de alimentos cotidianos y, en última instancia, a la promoción de una dieta más equilibrada y saludable para la población.

2 | METODOLOGÍA

2.1 Materia prima

Las materias primas utilizadas para la formulación de los experimentos fueron, harina de Quinua INIA 420 - Negra Collana (*Chenopodium quinoa* Will.) adquirida de la estación experimental INIA, Spirulina en presentación polvo, adquirida de la empresa Plus Green Spirulina de la ciudad de Arequipa. La composición se muestra en la tabla 01.

Materia prima	% proteína*	% humedad	% ceniza
Harina de quinua INIA 420 – Negra Collana	12.97	8.21	2.41
Spirulina	62.84	12.1	6.41

Tabla 01 - Análisis de la materia prima

Fuente: *BHIOS LAB, (@)@!)

2.2 Formulación de los queques con sustitución parcial de harina de quinua Negra Collana y Spirulina

En la tabla 02 se muestran la formulación de queques con adición de harina quinua Negra Collana y Spirulina; los queques se formularon con porcentajes constantes, como son: huevo 10%, azúcar 15, zumo de naranja 5%, leche 17%, mantequilla sin sal 5%, polvo de hornear 1%, esencia de vainilla 1%. Estos ingredientes fueron mezclados, dando forma y horneado, las muestras de queque se hornearon en un horno a 175° C durante 20 min, las muestras se almacenaron a temperatura ambiente hasta su análisis correspondiente.

N.° de tratamiento	% de harina de quinua Negra Collana	% de Spirulina
0[a]	0	0
1	34.1	2
6	30	3

a = tratamiento patrón

Tabla 02 - Formulación de queques con adición de harina de quinua negra y spirulina

2.3 Diagrama experimental

En la figura 01, se muestra el diagrama experimental correspondiente al desarrollo de la investigación.

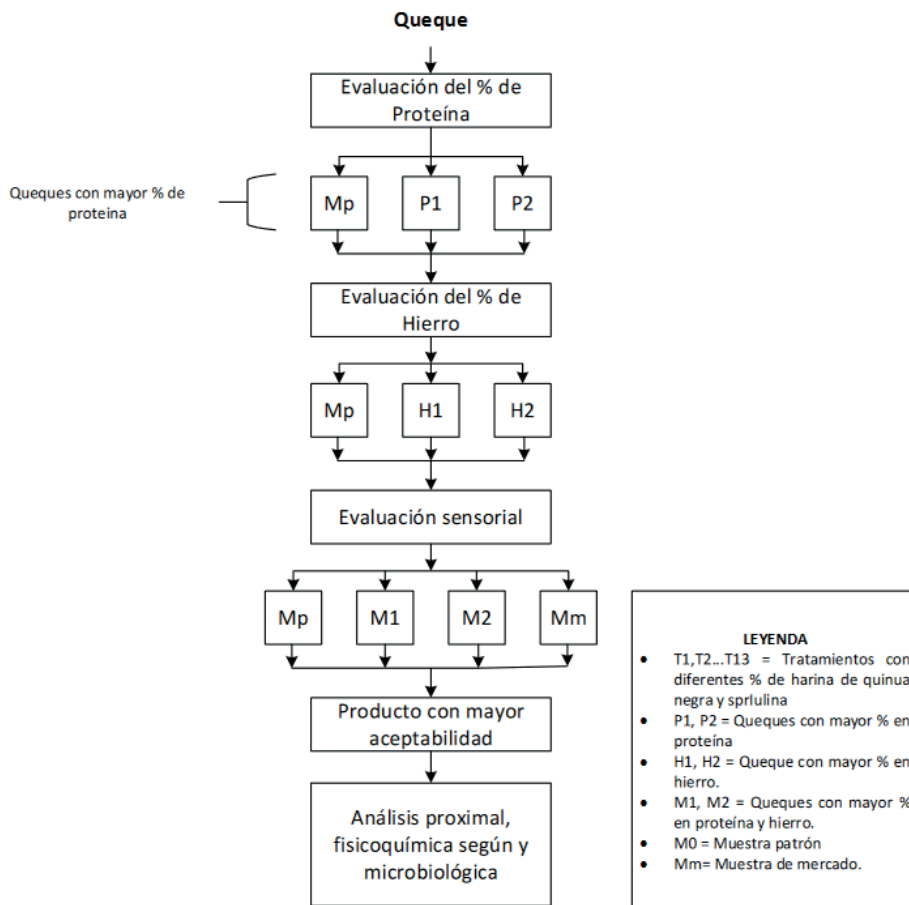



Figura 01: Diagrama experimental de la investigación

2.4 Determinación de análisis proximal

La composición proximal se determinó de acuerdo con la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC, 1995); proteína (método 960.52) con factor de conversión de 6.25, lípidos (método 920.39), ceniza (método 923.03), peróxido (método NTP 206.013), humedad (método 925.10) y los carbohidratos se cuantifican por diferencia.

2.5 Evaluación del contenido de hierro

El contenido de hierro se evaluó mediante el método de espectrofotometría de absorción de llamas (FAAS).

2.6 Análisis sensorial

En la evaluación sensorial participaron cien panelistas no entrenados (consumidores) en el rango de edades comprendidas entre los 6 y 12 años; quienes evaluaron los atributos sensoriales del queque; la evaluación se realizó mediante una escala hedónica facial de 5 puntos (1 =odie; 5 = me encanto)

2.7 Diseño estadístico

Se aplicó el diseño completamente al azar (DCA), considerando como variables el porcentaje de adición de la harina de quinua negra collana y porcentaje de spirulina en el proceso de la formulación, y como variables de respuesta el contenido de hierro y la evaluación sensorial respectivamente.

3 I RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de los queques elaborados con sustitución parcial de harina de quinua negra collana y spirulina.

Según los resultados obtenidos como se muestra en la tabla 03, se encuentran dentro de los parámetros dados por MINSA (2010), norma sanitaria para la fabricación, elaboración y expendio de productos de panificación, galletería y pastelería RM N° 1020-2010/MINSA.

Tratamientos	**Proteína %** X ± DE	**Humedad %** X ± DE	**Acidez %** X ± DE	**Ceniza %** X ± DE	**Peróxido Me/kg** X ± DE
T0*	7.02 ± 0.01	15.33 ± 0.81	0.43 ± 0.01	1.53 ± 0.28	1.48 ± 0.07
T1	8.72 ± 0.02	18.00 ± 1.00	0.42 ± 0.05	1.84 ± 0.80	1.42 ± 0.02
T6	8.57 ± 0.01	17.56 ± 0.47	0.48 ± 0.05	1.75 ± 0.06	1.48 ± 0.01

Tabla 03 - Composición proximal de los tratamientos a evaluar

*= tratamiento control, DE = desviación estándar.

Tabla 03 - Composición proximal de los tratamientos a evaluar

3.2 Evaluación del contenido de hierro de los queques con alto contenido de proteína

En este estudio la relación de la harina de quinua INIA 420 – Negra Collana y la Spirulina respecto al porcentaje de hierro, tuvo un valor-P menor de 0.05 indicando que si existe diferencia significativa, así mismo la prueba Duncan clasifica en tres grupos a los tratamientos de queque: grupo "A" representada por el tratamiento T1 (34% harina de quinua negra y 2% spirulina) donde se evidencia que es el grupo que tienen mayor contenido de hierro con 3.41 mg/100 g, el grupo "B" representado por el T6 (30% harina de

quinua negra y 3% spirulina) con un contenido de 2.90 mg/100 g de hierro y finalmente el grupo "C" representada por el tratamiento T0 (0% harina de quinua y spirulina) donde se observa menor contenido de hierro 2.45 mg/kg.

TRATAMIENTO	mg/kg **X** ± DE	mg/100 g **X** ± DE
QUEQUE_T1[a]	34.14 ± 0.63	3.414 ± 0.63
QUEQUE_T6[b]	29.04 ± 0.14	2.904 ± 0.14
QUEQUE_T0[c]	24.50 ± 0.22	2.450 ± 0.22

a =34% de harina de quinua, 2 % de spirulina; b = 30% de harina de quinua, 3% de spirulina; c = 0% de harina de quinua y spirulina.

Tabla 04 - Resultado del análisis de hierro de los queques

Según Tarazona (2018) indica que la spirulina contiene 28.5 mg/100 g de hierro y Zea (2010) menciona que la harina de quinua negra contiene 3.7 mg/100 g de hierro, en los siguientes estudios se reportan que la spirulina es el que aporta mayor cantidad de hierro a mayor contenido de spirulina incrementa el porcentaje de hierro, así mismo estudios reportan que la harina de quinua mezclada con otros tipos de granos y cereales aportan mayor porcentaje de hierro.

Lo que evidencia el incremento del contenido de hierro, la cual coincide con diferentes estudios como el de Shahbazizadeh et. (2015) donde reportó en su investigación que la adición de spirulina incrementó el contenido de hierro en las galletas iraníes tradicionales que contenían como materia prima harina de trigo y spirulina, estas fueron elaboradas con diferentes tratamientos: 0.0% de spirulina aportó 2.46 mg/100 g de hierro y 1.5% de spirulina aportó 4.00 mg/100 g de hierro, acercándose a los resultados obtenidos en este estudio, así mismos da Silva *et al.* (2021)with an emphasis on γ-linolenic acid (13.8% evidenció el incremento del contenido de hierro en la elaboración de galletas enriquecidas con microencapsulación de *Spirulina máxima,* donde la biomasa de spirulina presentó altos contenidos de hierro 4.88 mg/100 g demostrando de esta forma la calidad nutricional de la spirulina.

Por lo que varias investigaciones demuestran el incremento de hierro al adicionar spirulina a matrices alimentarias, investigaciones como el de Gutiérrez y Tello (2018) quienes elaboraron galletas con harina multicereal (kiwicha, cañihua y otros) con diferentes concentraciones de spirulina, como resultado el incremento de hierro, 4,505 mg/100 g (1% de spirulina) y 5.707 mg/100 g (5% de spirulina), por otro lado, Tafur y Obregón (2019) desarrollaron gomitas funcionales de cushuro enriquecida con aceite de sacha inchi y spirulina logrando incrementar de 2.74 mg/100 g a 9.12 mg/100 g de hierro, así mismo Buriti (2017) desarrolló una barra alimenticia donde se evidenció el incremento de hierro, 1.03 mg/100 g de hierro (3% de spirulina), por su parte Rodrigues (2015) elaboró bizcochos

con distintos porcentajes de harina de trigo y spirulina incrementando el porcentaje de hierro, 3.0 mg/100 g (5% de spirulina) incrementó a 6 mg/100 g (15% de spirulina), mientras que B. Silva (2017) elaboró galletas con diferentes concentraciones de harina de trigo y spirulina, 0.55 mg/100 g (0% de spirulina) y 1.12 mg/100 g (5% de spirulina).

Así mismo se evidencia en la figura 2 el incremento de contenido de hierro, el tratamiento T1 con 3.414 mg/100 g de hierro (a) la cual fue elaborado con 34% de harina de quinua negra y 2 % de spirulina; el tratamiento T6 con 2.904 mg/100 g de hierro (b) se ha elaborado con 30% de harina de quinua negra y 3% de spirulina, y el tratamiento T0 con 2.450 mg/100 g (c) con 0 % de harina de quinua y spirulina.

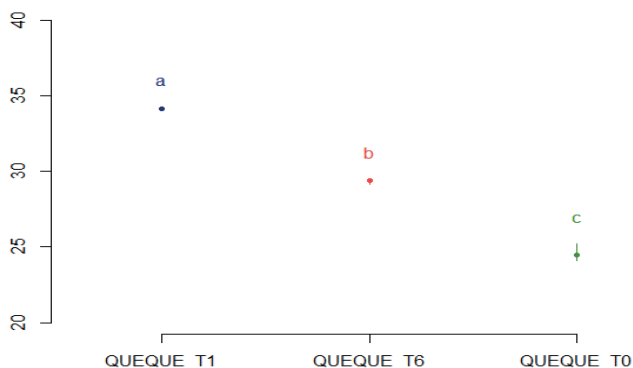



Figura 2. Gráfico de comparación de contenido de hierro

3.3 Evaluación de la aceptabilidad de la producción de queques

Para la prueba de la aceptabilidad, las escalas estuvieron dadas por: odie, no me gusta, indiferente, me gusto, me encanta, para la cual se asignó un valor numérico para cada categoría.

En la tabla 05 se muestra la prueba de Friedman donde se obtuvo un Chi-cuadrado de 50.17, se comparó el resultado de la tabla 05 (4 tratamientos – 1 = 3 grados de libertad) y para 3 grados de libertad; siendo la aceptabilidad de los cuatro tratamientos es diferente.

Tratamiento	N	Mediana	Suma de clasificaciones
T0	100	4.4375	320.0
T1	100	3.6875	260.0
T6	100	3.5625	219.0
TM	100	3.5625	201.0
General	400	3.8125	

Método	GL	Chi-cuadrada	Valor p
No ajustado para empates	3	50.17	0.000
Ajustado para empates	3	65.93	0.000

Tabla 05 - Prueba de Friedman: aceptabilidad vs tratamiento, jueces

El valor p para la aceptabilidad es menor que el nivel de significancia de 0.05, por lo que se concluye que al menos uno de los cuatro tratamientos tiene un efecto diferente. Además, la media de las respuestas para T1 (3.6875), T6 (3.5625) y TM (3.5625) están cerca de la media general (3.8125), pero la media de la respuesta para el T0 (4.4375) es sustancialmente mayor. Estos resultados indican que el T1 (34.1% harina de quinua y 2.0% de spirulina) tiene mejor aceptabilidad respecto a la formulación T6.

En la figura 03, se observa las diferencias entre las formulaciones, donde el T0 (muestra control sin adición de harina de quinua y espirulina) evidencia una mejor aceptabilidad respecto a los demás tratamientos.

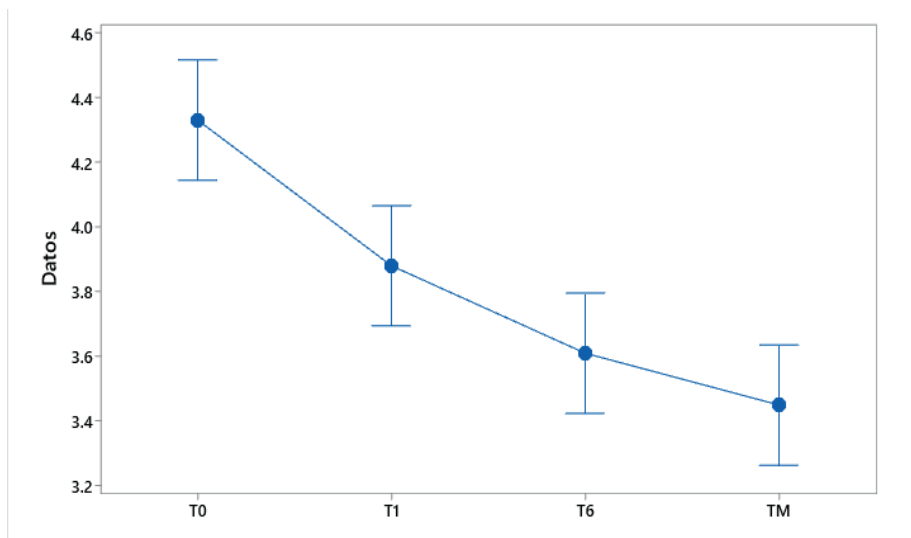



Figura 3: Gráfico de intervalos de la aceptabilidad de los tratamientos

Diversas investigaciones con la adición de spirulina a las matrices alimentarias evaluaron el sabor y la aceptación de estos productos, realizando el análisis sensorial. En la mayoría de los estudios, investigadores indican que las matrices con menor porcentaje

de spirulina tienen una alta aceptación y que las concentraciones más altas de spirulina resultaron en una aceptación generalmente reducida. Esto podría verse afectado porque generalmente los productos de panificación no tienden a ser verdes, esto afectando de manera significativa a la percepción de los niños.

Según Lucas *et al.* (2018), el color es uno de los parámetros principales a evaluar en las formulaciones de matrices alimentarias, la spirulina debido a su pigmentación verde puede afectar la aceptación del consumidor, los consumidores al principio encontraron poco atractivo por sus características color verde al queque, así mismo indica que los queques con menor cantidad de spirulina obtuvieron puntuaciones de 7 (me gusta moderadamente) y 8 (me gusta mucho) por otro lado, Kumar *et al.* (2022) evaluó en 57 panelistas donde la pasta enriquecida con 20% de spirulina tenía una aceptabilidad menor respecto a los 5 por ciento de adición de spirulina.

Şahin (2020) en la evaluación de bizcochos tuvo una buena puntuación sensorial, la más aceptada fue la galleta enriquecida con menor porcentaje de spirulina 1 % mientras que las galletas con mayor porcentaje 5% tuvo menor aceptabilidad. Lucas *et al.* (2020) Quimis, Brazil elaboró barritas enriquecidas con spirulina para la nutrición de los escolares, donde la adición de 0% y 2% de spirulina no tuvieron diferencia significativa, por lo que se pudo demostrar que los niños aceptaron visualmente la adición de concentraciones más altas de spirulina 6%, por otro lado, A. Kumar *et al.* (2018) desarrolló barritas altas en proteína en enriquecida con spirulina para niños desnutridos, se observó que las barras con mayor contenido de spirulina 5% tenía un mayor atractivo que aquellas con cantidades considerablemente menores. En la investigación los niños tuvieron mejor aceptación para el queque T0, ya que es un queque con 0 % de adición de harina de quinua negra y spirulina, se puede decir un queque común, mientras que el queque T1 en segundo lugar de aceptación, el color verde otorgado por la spirulina y el color oscuro otorgado por la quinua negra pudieron interferir en la aceptación.

4 I CONCLUSIONES

La formulación que contenía 8.72 % de proteína obtuvo 3.414 mg/100 g de hierro, mayor al tratamiento T6, por lo que, a mayor porcentaje de proteína, incrementa el contenido de hierro. En la prueba de la aceptabilidad, el tratamiento el tratamiento T1 (34.1 % harina de quinua negra y 2.0 % spriulina) tuvo mejor aceptabilidad que la formulación T6, pero menor a la muestra control (T0), una de las razones podría ser porque los productos horneados presentan color verde otorgado por la spirulina y el color oscuro característico otorgado por la quinua negra que afecta negativamente la percepción de los niños, por lo que la incorporación de harina de quinua Negra Collana y espirulina en la elaboración de queques representa una estrategia innovadora y efectiva para aumentar el contenido de hierro en productos de panadería, ofreciendo una opción para mejorar la salud y el

bienestar de la población.

REFERENCIAS

Buriti, M. (2017). *Elaboração e análises físico-quimicas, microbiológicas e sensorial de barras alimentícias adicionadas de Spirulina platensis.* Univerdidade Federal de Campina Grande.

Campanella, L., Russo, M. V., & Avino, P. (2002). Free and total amino acid composition in blue-green algae. *Annali Di Chimica*, *92*(4), 343–352. https://www.researchgate.net/publication/11300800 Free

Chatain, C., Pernollet, M., Pralong, P., & Leccia, M. (2019). Anaphylaxie alimentaire au Quinoa. *Revue Française d'Allergologie*, *59*(3), 243–244. https://doi.org/10.1016/j.reval.2019.02.021

da Silva, S., da Valle, A., & Perrone, D. (2021). Microencapsulated Spirulina maxima biomass as an ingredient for the production of nutritionally enriched and sensorially well-accepted vegan biscuits. *Lwt*, *2*(142), 1–7. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110997

Gutiérrez, K., & Tello, L. (2018). *Evaluación de la incorporación de espirulina sobre las propiedades nutricionales y sensoriales de una galleta a base de harina de trigo y kiwicha* [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)]. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/624916

Kumar, D., Gour, S., Bhowmik, A., & Pabbi, S. (2022). Nutritional, Functional, Textural and Sensory Evaluation of Spirulina Enriched Green Pasta: A Potential Dietary and Health Supplement. *Foods*, *11*(7), 1–18. https://doi.org/10.3390/foods11070979

Lucas, B., Rosa, A., Carvalho, L., de Morais, M., Santos, T., & Costa, J. (2020). Snack bars enriched with Spirulina for schoolchildren nutrition Bárbara. *Food Sci. Technol, Campinas*, *40*, 147. https://doi.org/https://doi.org/10.1590/fst.06719

Rodrigues, N. (2015). *Secagem de spirulina (Spirulina platensis) e utilização na produção de biscoitos*. Universidade Federal de Campina Grande.

Şahin, O. I. (2020). Functional and sensorial properties of cookies enriched with SPIRULINA and DUNALIELLA biomass. *Journal of Food Science and Technology*, *57*(10), 3639–3646. https://doi.org/10.1007/s13197-020-04396-4

Shahbazizadeh, S., Khosravi-Darani, K., & Sohrabvandi, S. (2015). Fortification of Iranian Traditional Cookies with Spirulina platensis. *Annual Research & Review in Biology*, *7*(3), 144–154. https://doi.org/10.9734/arrb/2015/13492

Silva, B. (2017). *Bolacha adicionada com Spirulina platensis: avaliação fisico-quimica, microbiológica e sensorial.* Universidade Federal de Cmpina Grande.

Tafur, I., & Obregón, E. (2019). *Gomitas funcionales de cushuro (Nostoc commune) enriquecida con aceite de sacha inchi (Plukenetia volubilis) y spirulina (Arthrospira platensis), con sabor a frutas*. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

Tarazona, P. (2018). *La Espirulina una Oportunidad Como Alimento Funcional*. http://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/881

CAPÍTULO 5

LOS VACÍOS DE TEMPORALIDAD EN LOS PROCESOS NO PENALES

Data de submissão: 05/09/2023 *Data de aceite: 01/11/2023*

Juan Carlos Montaño Escobar
Universidad Técnica Particular de Loja.
Loja, Ecuador.
https://orcid.org/0000-0002-5813-9764

RESUMEN. El Código Orgánico General de Procesos, norma vigente en nuestro Estado ecuatoriano, establece el modelo específico que permite realizar un ritualismo en los procesos judiciales, con el fin de obtener la celeridad en las resoluciones y sentencias propias de cada uno de ellos. De esto, es destacable la oralidad para cumplir con las etapas procesales hasta llegar a la sentencia. Así mismo, esta norma procesal contempla los plazos y los términos para delimitar las actividades judiciales en cada uno de los procedimientos contemplados en este libro y, en caso de no contemplarlos, se deja a la decisión del juzgador o juzgadora el establecerlos, quienes lo harán a partir de la carga procesal de cada uno de sus despachos, por lo que estos plazos o términos podrían extenderse en semanas o meses causando retardos exagerados, pero completamente legales, en la administración de justicia. A través de los métodos investigativos, como el exegético, analítico y bibliográfico, se desarrolla una línea investigativa-interpretativa de la norma procesal, con el objetivo de individualizar los vacíos existentes en cuanto a la debida temporalidad de los plazos y términos para el cumplimiento de actividades judiciales. Bajo esta premisa, se detectan datos reales y fidedignos que exponen esta deficiencia en la norma procesal, así como el hecho de que una reforma es la solución y meta que debe concretarse para subsanar las inconsistencias normativas que serán debidamente anunciadas.

PALABRAS CLAVE: Plazo, término, procedimiento, oralidad.

ABSTRACT. The General Organic Code of Processes, current norm in our Ecuadorian State, establishes the specific model that allows ritualism to be carried out in judicial processes, in order to obtain speed in the resolutions and sentences of each one of them. Of this, it is remarkable the orality to comply with the procedural stages until reaching the sentence. Likewise, this procedural norm contemplates the deadlines and terms to define the judicial activities in each of the procedures contemplated in this book and, in case they are not contemplated, it is left to the decision of the

judge to establish them, who will do so based on the procedural burden of each of their offices, so that these deadlines or terms could be extended in weeks or months causing exaggerated, but completely legal, delays in the administration of justice. Through investigative methods, such as exegetical, analytical and bibliographic, an investigative-interpretive line of the procedural norm was developed, with the aim of identifying the existing gaps in terms of the due temporality in terms and terms to carry out judicial activities. . Under this premise, real and reliable data are detected that expose this deficiency in the procedural norm, as well as the fact that a reform is the solution and goal that must be specified to remedy the inconsistencies that will be duly announced.
KEYWORDS: *Term, finished, procedure, orality.*

RESUMO. O Código Orgânico Geral de Processos, norma vigente em nosso Estado equatoriano, estabelece o modelo específico que permite a realização de ritualismo em processos judiciais, a fim de obter celeridade nas resoluções e sentenças de cada um deles. Disso, destaca-se a oralidade para cumprir as etapas processuais até chegar à sentença. Da mesma forma, esta norma processual contempla os prazos e prazos para delimitar as atividades judiciais em cada um dos procedimentos contemplados neste livro e, no caso de não contemplá-los, fica à decisão do juiz ou juiz estabelecê-los, que fá-lo-á com base na carga processual de cada um dos seus gabinetes, pelo que estes prazos ou prazos poderão ser prorrogados por semanas ou meses, provocando atrasos exagerados, mas completamente legais, na administração da justiça. Por meio de métodos investigativos, como exegético, analítico e bibliográfico, desenvolve-se uma linha investigativo-interpretativa da norma processual, com o objetivo de identificar as lacunas existentes quanto à devida temporalidade dos prazos e prazos para cumprimento das atividades judiciais. Sob esta premissa, são detectados dados reais e confiáveis que expõem esta deficiência na norma processual, bem como o fato de que uma reforma é a solução e o objetivo que deve ser alcançado para corrigir as inconsistências normativas que serão devidamente anunciadas.
PALAVRAS-CHAVE: Termo, termo, procedimento, oralidade.

INTRODUCCIÓN.

El Código Orgánico General de Procesos (COGEP en adelante), implementa en su estructura las herramientas necesarias para simplificar los procedimientos judiciales en nuestro sistema jurisdiccional en el país. Esta implementación, ha marcado un notable mejoramiento en los trámites judiciales y en la obtención de sentencias y resoluciones en el ámbito jurisdiccional, debido principalmente a que la norma procesal dispone en su contenido, la forma en que se deben realizar las actuaciones judiciales de las partes intervinientes en un proceso judicial, especificando la participación en determinado momento, a través de los articulados respectivos.

Sin duda alguna, desde su nacimiento en el año 2015, el COGEP ha brindado de manera proactiva, una solución a la dilatación de procesos y la posibilidad de obtener un pronunciamiento judicial de manera efectiva, rápida y fundamentada. Sin embargo, este optimismo por la nueva norma procesal, ha sido también un proceso de evaluación

y cuestionamientos a su origen y esencia, producto de lo cual, en el año 2019, a través de la Ley Orgánica Reformatoria del Código Orgánico General de Procesos, se realizó su primera reforma, la misma que está vigente, a la espera que en transcurso de los tiempos, se refuerce su contenido, o en su defecto, se denote que es necesario el ir corrigiendo en su estructura algún elemento jurídico que lejos de cumplir un fin específico objetivo, produzca confusión o ambigüedad.

De esto, es menester el reflexionar que una de las fortalezas esenciales del COGEP radica en la oralidad. Ya que conforme lo indica el mismo COGEP, “la Constitución de 1998 ordenó la implementación de la oralidad en la sustanciación de los procesos, para cuyo efecto, el Congreso Nacional debía reformar las leyes vigentes o crear nuevos instrumentos normativos, en un plazo de cuatro años” (p. 2).

Si bien esto sucedió en un periodo mayor de cuatro años, el nuevo instrumento normativo procesal se implementó con el COGEP, pero después de algunos años; empero, sí cumplió el fin fundamental de tener a la oralidad como la base del ejercicio jurisdiccional, refiriéndonos a la oralidad como la herramienta fundamental para aplicar principios constitucionales y legales inherentes a los procedimientos en materia no penal, aplicación que se materializa en la fase procesal trascendental de un proceso, que es la audiencia.

El COGEP en su nacimiento, previno de esta trascendencia definitiva, ya que se destaca en su artículo 4 que “La sustanciación de los procesos en todas las instancias, fases y diligencias se desarrollarán mediante el sistema oral, salvo los procesos que deban hacerse por escrito” (p. 7). Al reparar en esta disposición, es evidente que la oralidad es indispensable para la dinámica procesal, así como el hecho de conjugar el nuevo procedimiento normado con la participación activa de los profesionales del derecho.

Se pudiera decir mucho más de la implementación del COGEP en las actividades jurisdiccionales, pero esto alejaría el objetivo principal del presente artículo, ya que el mismo pretende reflexionar acerca de los plazos y términos, de los tiempos en los que se manejan las decisiones jurisdiccionales, y del hecho de que, al estar avanzada ya la misión de este código procesal, son correctos y acertados los principios procesales contenidos en esta norma. Pudiera incluso, este artículo prever la posibilidad de que su estudio, nos lleve al cuestionamiento de dilucidar el panorama procesal, cuando inequívocamente, nos manejamos dentro del ámbito legal como abogados o abogadas, o servidores públicos dentro del ámbito jurídico.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Para concretar este trabajo, se ha realizado una investigación cualitativa, bibliográfica, tomando en cuenta diversas publicaciones en materia procesal, criterios respecto al tema en análisis, así como la argumentación jurídica razonada y puntual que avizora una meta precisa: el de resolver la inquietud o inquietudes de si los plazos y términos en el COGEP

tienen la debida eficacia y claridad en su contenido, y así adecuar nuestras proposiciones jurídicas y comportamientos procesales; y en caso de detectarse una inconsistencia o vaguedad de la norma, si cuestionarla creará a posterior, una debida reforma.

Para ello, se ha recurrido al método exegético, que se proyecta en la interpretación de las normas legales procesales y la perspectiva del legislador en cuanto su emisión y posterior aplicación, como lo explica Barrera (2014) "mediante este método la interpretación de la ley consistía en hacer conocer las propias palabras utilizadas por el legislador" (p. 230). Además, se utiliza el método analítico, con el fin de particularizar el estudio y comprensión de cada artículo, y advertir en su contenido su equívoco o vaguedad en el resultado final de la norma. Finalmente, el análisis bibliográfico, nos orienta a la obtención de información textual para lograr un resultado adecuado a la investigación del tema planteado. Está en el tapete el motivo del presente artículo, y para esto, inobjetablemente, es necesario entrar al estudio y comento del COGEP vigente.

EL TÉRMINO COMO FACTOR DE TEMPORALIDAD.

El término como concepto, tiene su apartado en el COGEP (2019), el que lo define como "al tiempo que la ley o la o el juzgador determinan la realización o práctica de cualquier diligencia o acto judicial. Los términos correrán días hábiles" (Art. 73). De esta apreciación, es suficiente la claridad que refiere este artículo cuando dice que serán los días hábiles los que se consideran como el término para definir una temporalidad, sin embargo, se agrega el que aporta Andrade (2011) al decir que es el "espacio de tiempo que otorga la ley civil o penal para reclamar un derecho o requerir practicar una diligencia" (p. 586).

Esto tiene una intrínseca relación al plazo, que a diferencia del término y en palabras de Cabanellas (2003) "es el espacio de tiempo concedido a las partes para comparecer, responder, probar, alegar, consentir o negar en juicio" (p. 307), así como para el citado autor Andrade (2011) "es un acontecimiento futuro y cierto de cuyo advenimiento depende que un derecho se haga exigible o deje de serlo". (p. 216).

Estas categorías temporales en el tiempo, establecen ya un escenario en los cuales los juzgadores fijan la forma en la que deberán ser desenvueltas las actividades judiciales. Esto no es ajeno en materia procesal, ya que la normativa que se evidencia en su contenido guía la dinámica a ser resuelta en los distintos procedimientos.

Por ejemplo, el COGEP resalta la forma y estructura en que una demanda deber ser presentada (Art. 142) y también, esta misma norma procesal, nos presenta la forma y tiempo en que el juzgador debe atender y tramitar el acto de proposición presentado. Además, de dicho pronunciamiento, se aperturan nuevos términos para cumplir con la disposición judicial, ora para completar la demanda so pena de archivo (Art. 146), ora para continuar con la instauración del proceso, dependiendo del procedimiento.

Al ser así la estructura de una norma procesal, y al establecerse los tiempos a

través de términos y plazos para cumplir con la exigencia judicial, esta norma no puede manejar su contenido con deficiencias y vacíos que no permitan el tener con claridad ese tiempo en el cual se ha de actuar para cumplir con la norma legal y la disposición judicial. De ahí que pese a que el artículo 74 del COGEP (2019) establezca ya un enunciado que argumenta que: "Si la ley no señala expresamente un término para dictar una determinada providencia, estas se expedirán dentro del término de tres días contados desde la petición que formule una parte", esto no revela ni resuelve la conjetura que se configura, cuando, en la hermenéutica de la norma procesal en comento, existen vacíos argumentativos que deberían establecer una claridad y precisión en los tiempos que se deben cumplir con las disposiciones judiciales. Para esto es necesario exponer dichas inconsistencias.

ARTÍCULOS CON VACÍOS DE TEMPORALIDAD.

En el contexto del presente texto, resulta necesario el exponer cuáles son aquellos artículos que requieren una claridad para ser interpretados, precisión para ser acatados, y necesariamente el contener un tiempo a ser entendido como la temporalidad para actuar conforme la disposición legal.

En el orden de esta estructura, se tiene el artículo 36 del COGEP, inciso tres que, pese a que existía una vaguedad en su disposición, no fue considerado para ser reformado a través de la Ley Orgánica de la Defensoría Pública en el año 2021. Para esto es necesario exponer el contenido de esta parte de la norma.

> Siempre que los defensores concurran a una diligencia sin autorización de la parte a la que dicen representar, deberán ratificar su intervención en el término que la o el juzgador señale de acuerdo con la circunstancia de cada caso; si incumple la ratificación, sus actuaciones carecerán de validez (Ley Orgánica de la Defensoría Pública, 2021).

La reforma en este artículo, no modifica el desacierto que tiene el mismo, ya que dicha reforma se encargó únicamente de considerar la participación e intervención activa de los defensores públicos en la representación de los usuarios del servicio de justicia, pero se alejó de atender el vacío de su contenido, cuando no atiende la precisión que debe tener en cuanto la temporalidad (término específico) a ser dispuesto por la juzgadora o juzgador, a través de las actividades judiciales de sustanciación o mero trámite.

Si existe una reforma en una ley orgánica, concordante a esta norma procesal y que aplica sobre el contenido de este artículo, debió considerarse además el establecer el término, situación que lejos de plasmar y matizar un concepto, se alejó de tomar en cuenta este particular.

Posteriormente, y con la revisión de la norma procesal en estudio, se aprecia en el contenido del artículo 121, inciso 2 del COGEP que, como acto de proposición de gran relevancia y participación de usuarios están las diligencias preparatorias, procedimiento

que en su contenido indica: La o el juzgador calificará la petición y dispondrá o rechazará su práctica. En el primer caso citará a la persona contra quien se la pide y señalará día y hora en que se efectúe la diligencia.

Evidente en la hermenéutica de este artículo, se aprecia una indebida claridad de contenido, así como una acumulación de actividades judiciales que no tienen una precisión en cuanto: i) el término para calificar el acto de proposición ii) el tiempo en el cual se debe cumplir con la citación al demandado o demandados y, iii) la fijación del día y hora en el que se desarrollará la diligencia. Todo esto, refleja una imprecisión que debe ser resuelta discrecionalmente por el juzgador o juzgadora que, previo sorteo, deba tramitar y resolver la solicitud de diligencia preparatoria.

Continuando con el análisis de la norma procesal, y en conjunción con el motivo y fin del presente estudio, se menciona el siguiente artículo.

> **Art. 181.- Declaración anticipada**. - La o el juzgador podrá recibir como prueba anticipada, en audiencia especial, los testimonios de las personas gravemente enfermas, de las físicamente imposibilitadas, de quienes van a salir del país y de todas aquellas que demuestren que no pueden comparecer a la audiencia de juicio o única, siempre que se garantice el ejercicio del derecho de contradicción de la contraparte (COGEP, 2019).

En esta parte del COGEP, se aprecia la misma deficiencia que viene siendo anunciada, ya que se establece que si bien existe una facultad para que los juzgadores prevean una declaración anticipada, incluso se menciona una audiencia especial, sin embargo, este artículo no define en qué momento procesal se debería diligenciar esta declaración anticipada, el término en que debe realizarse y, elementalmente, el definir que por tratarse de una *audiencia especial* debería contener un momento preciso, adecuado y correctamente claro y concreto en temporalidad a practicarse.

Asimismo, en la Sección 2ª, de los Informes Periciales, se puede colegir en su contenido la posibilidad de que se realice un informe pericial para mejor resolver una contienda judicial, y en cuyo contenido su artículo 226, inciso segundo dice:

> Si luego del debate entre las o los peritos, la o el juzgador mantiene dudas sobre las conclusiones de los peritajes presentados, ordenará en la misma audiencia un nuevo peritaje, para cuya realización sorteará a una o un perito de entre los acreditados por el Consejo de la Judicatura, precisando el objeto de la pericia y el término para la presentación de su informe, el mismo que inmediatamente será puesto a conocimiento de las partes (COGEP, 2019).

La revisión de este artículo, revela nuevamente un vacío en la hermenéutica de la norma, ya que, evidentemente, deja a la interpretación e iniciativa del juzgador o juzgadora el término en que debe ordenarse la práctica de la nueva experticia, situación que sucede además en las Formas Extraordinarias de Conclusión del Proceso, cuando en su artículo 234, numeral 2, nos dice: “Si la conciliación se presenta con ocasión del cumplimiento de la sentencia, la o el juzgador de la ejecución señalará día y hora para la realización de la

audiencia en la que se resolverá la aprobación del acuerdo” (COGEP, 2019).

El desarrollo del presente análisis de la norma procesal, atiende estos artículos particularmente, ya que se colige una falta de previsión en la temporalidad a ser atendida no sólo por el administrador de justicia, sino que además, las partes procesales intervinientes en un proceso jurídico, así como los terceros interesados o comparecientes, deben someter su actividad al mandato legal, pero, si el contenido circunscrito en este mandato, lejos de presentar un debido proceso o regla a seguir, crea una improvisación o confusión en la atención prioritaria a ser acatada. Este razonamiento, será profundizado en el siguiente capítulo.

EL ROL DEL JUZGADOR O JUZGADORA EN MATERIA NO PROCESAL.

Como ribete a este artículo, resulta necesario el mencionar la participación activa, imperativa e irremplazable de los juzgadores en la tramitación de las causas, y su actuación regida estrictamente por el ministerio de la ley.

En materia procesal, según Izurieta (2017):

> las partes procesales deberán realizar de forma eficiente y eficaz el trabajo probatorio, bajo la dirección dispositiva de la jueza o juez. Sin embargo, frente a la deficiencia o ineficiencia de las actuaciones procesales, los jueces no pueden limitarse a la lógica adversarial, sino que deben actuar proactivamente dentro del marco brindado por la ley procesal (s.p).

Lo mencionado, aproxima la idea central de este artículo, cuando supone la relevancia del sometimiento de los juzgadores al imperio de la Ley, ergo su comportamiento como administradores de justicia debe ser encomioso y formal.

Se subsume en primer lugar, a la aplicación *sine qua non* (sin la cual no) del principio constitucional de seguridad jurídica, el mismo que establece la existencia de normas jurídicas previas para la existencia del Estado de derecho, como lo menciona Pérez (2000): “la proyección en las situaciones personales de las garantías estructurales y funcionales de la seguridad objetiva” (p. 28).

Asimismo, el hecho de que deben aparecer en la práctica de esta norma procesal, elementales principios como el **dispositivo**, que promueve la participación de las partes procesales en el ejercicio de la defensa de sus derechos, esto durante el proceso judicial; el de **inmediación,** que en palabras de Cevallos et al (2017) es: “un principio constitucional del derecho procesal, que está orientado a la relación directa de las partes litigantes con el juez, prescindiendo de la intervención de otras personas” (p. 336); y, el de **publicidad,** el que permite que una audiencia “sea observada y presenciada no solo por las partes procesales, sino por el colectivo en general, que acude a ver las actuaciones del representante de la justicia y de las partes procesales” (Montaño 2020).

En segundo lugar, y como lo expone Vicuña y Chávez (2016), es importante destacar

la trascendencia que adquieren juzgadoras y juzgadores dentro del nuevo sistema procesal. A partir de la vigencia del COGEP, la labor de juezas y jueces resulta fundamental para conducir los procedimientos (p. 35). Precisamente, es esta conducencia la que el juzgador está llamado a ejercer, y para esto se sirve de normas constitucionales, sustantivas y procesales como brújula en el ritual de las causas judiciales, las mismas que guían su actuar en la atención del procedimiento escrito (ingreso de escritos a despacho) o en el procedimiento oral (audiencia).

De esta forma, el administrador de justicia es el elemento esencial para representar la aplicabilidad de las normas vigentes al proceso judicial, actuando disciplinadamente con base a los instrumentos legales que se manejan en el sistema jurídico ecuatoriano. Según razona Aguirre (2016) “la administración de justicia es un elemento imprescindible en el desarrollo de toda sociedad, la cual utiliza como una herramienta para cumplir su propósito, al procedimiento que establece la ley” (p. 159). De esta forma, es imperativo que para que el juzgador o juzgadora cumpla su misión de manera efectiva, expedita y técnica, deban existir en cada una de las normas legales, la precisión y claridad en sus articulados, con el fin esencial de direccionar al mismo a la toma de decisiones objetivas y claras, ya que cada una de estas decisiones deben guardar la congruencia con su actuación y decisión en el proceso judicial.

Es innegable esta apreciación, cuando en la realidad procesal cada uno de los actos de proposición cumplen con una regla estricta en el COGEP, y en caso de que no exista esta claridad -guía para comportar correctamente la actividad en una causa- necesariamente debe ser corregida. Esto se afirma cuando Aguirre (2016) dice:

> El juez es quien provee, por medio de su actuación, las peticiones de las partes litigantes, interviene en el diligenciamiento de las pruebas ofrecidas, y clausurado el debate, se pronuncia en sentencia. Pero ni las partes ni el juez proceden arbitrariamente, ni sus actos son independientes, sino que están condicionados entre sí y regulados por normas legales, que son recogidos por la normativa adjetiva, en nuestro caso el COGEP (p. 159).

Cada uno de estos argumentos resulta congruente con el análisis expuesto, ya que se muestra la debilidad e incomprensión de la norma procesal en materia no penal, esto por cuanto, de la revisión íntegra en su contenido, se denota que en cada momento procesal existe una adecuada guía y regla a seguir, caracterizada por la especificación en tiempo y/o plazos de cada una de las actuaciones judiciales.

Es por ende, que lo que corresponde no es someter el comportamiento del administrador de justicia a su improvisación al resolver en cualquier etapa procesal, sino que se adecúe su decisión interlocutoria y resolutiva a la especificidad de contenido, como respeto estricto al principio de legalidad.

Ante esto, y en mención a este principio, todas las actuaciones que se desarrollen en un proceso deben y tienen que estar debidamente normadas, y en caso de que no

exista una debida estructura que aprecie una dirección precisa a ser tomada como la esencia del ritual jurídico, lo que hace es enervar un procedimiento judicial, ante lo cual Islas (2009) reflexiona: “de esta manera, el principio de legalidad se opone a los actos que estén en contraste con la ley, a los actos no autorizados por la ley y a los actos no regulados completamente por la ley” (p. 102).

El conjugar la actuación de un juzgador o juzgadora en un proceso, con la existencia de normas previamente establecidas para su adecuado comportamiento decisivo, enaltece al sistema jurisdiccional y al organismo rector en administración de justicia. Por eso resulta importante el mencionar que en el COGEP, existe aún la necesidad de matizar a los términos y plazos bajo el mismo manto estructural que envuelve la existencia de esta normal procesal.

El decidir, en razón del condicionamiento establecido en la posibilidad del término para dictar providencias, no crea una solución, ya que no existe congruencia –como se ha insistido- en este código, cuando todas las actividades judiciales tienen un soporte legal claro y preciso, salvo los artículos antes singularizados. El dejar este vacío en esta norma procesal no tiene ningún sentido, máxime cuando toda esta miscelánea de artículos sí posee una clara determinación en la temporalidad.

Las partes procesales, cumplen así mismo una parte relevante y definitiva en la participación del COGEP en los procesos judiciales, ya que de ellas depende precisamente la actividad judicial, por cuanto su participación promueve la inmediación en la litis.

A más de esto, supone que esta participación activa se ve regulada por el contenido de la norma procesal vigente en materia no penal en nuestra legislación. Si el administrador de justicia no cuenta con el respaldo de una norma que guíe su comportamiento en un proceso, tampoco lo podrán hacer las partes procesales que propongan la solicitud de determinada demanda, debido a que la falta de claridad y precisión de los artículos en referencia, traen como consecuencia la confusión en el proceder jurídico de las partes.

De ahí que, el proponer una nueva reforma que recoja este razonamiento no es descabellada; lo que interesa es que exista la congruencia entre la norma procesal del COGEP y las actividades emprendidas por las partes procesales y el juzgador o juzgadora. El hecho de que no suceda aquello, ya es una deficiencia que el legislador no ha reparado en corregir, pese a que se hizo una primera reforma y única.

La esencia de una norma procesal, debe regirse por la posibilidad de que pueda materializarse su contenido en un proceso judicial, de mantener incólume su espíritu en el transcurso del tiempo, y antes de improvisar la decisión de un juzgador ante la falta de claridad en determinado artículo, darle las herramientas legales precisas para tomar su decisión de manera motivada, esto con el fin encomioso de que los principios antes descritos cobren vigencia plena y firme en un juicio.

RESULTADOS.

Realizada la presente investigación, los resultados que se avizoran se mencionan así: **i)** El COGEP, al ser la norma procesal vigente en nuestro sistema jurisdiccional, posee características loables y eficaces para la tramitación de procesos judiciales, **ii)** sin embargo del razonamiento que precede, existen algunos vacíos en cuanto la temporalidad en términos y plazos, que no definen claramente, el procedimiento que el administrador de justicia debe seguir, a fin de resolver en virtud de la norma procesal, **iii)** la primera y segunda reforma realizada en el COGEP, no tomó en cuenta lo que se ha desarrollado en este documento, cuando la revisión de las nuevas reformas incluían a la temporalidad como tema específico; y, **iv)** una nueva reforma en la norma procesal vigente, resolverá la ineficacia de los artículos que han sido expuestos, y que son el motivo del presente artículo.

Al ser el COGEP, la norma que establece la forma en que los procesos judiciales deben ser presentados, tramitados y resueltos, merece alcanzar una claridad, eficacia y eficiencia en su contenido normativo, ya que es sobre esta norma procesal, en que los actos de proposición deben ser atendidos por el Juzgador, en su función resolutiva, así como las partes procesales el encontrar la dirección adecuada para guiarse una vez instaurado un proceso judicial.

Esto supone, que el imperio de la ley en una norma procesal, se maneja por la oportunidad de obtener en “doble vía” la claridad en cada uno de los artículos, más aún si los mismos ofrecen al administrador de justicia y partes procesales presentes, la posibilidad real de contar el tiempo preciso y adecuado para presentar una solicitud de demanda, así como sobre esta solicitud, el juzgador o juzgadora resuelva conforme a derecho. Una norma jurídica, debe poseer estas características para que su vigencia, cumpla con la función legal para la que fue creada.

CONCLUSIONES:

Revisado el contenido del presente artículo, se concluye el mismo exponiendo los siguientes razonamientos:

La norma procesal contenida en el COGEP vigente, reconoce plenamente en su articulado los términos y plazos necesarios para la actuación del juzgador y partes procesales; empero, este estudio recoge artículos específicos que exponen una deficiencia interpretativa en su comprensión, cuando de su lectura no explican la regla en cuanto la temporalidad de plazos o términos a los que debe sujetarse el administrador de justicia y las partes procesales que intervienen en un proceso judicial.

Si bien el artículo 74 del COGEP confiere una posibilidad de aprovisionar al Juez o Jueza de una temporalidad para su decisión, la misma no resuelve con una explicación razonable y lógica del porqué en los artículos singularizados en este ensayo no tienen una debida línea de tiempo para ser realizados.

La primera y única reforma realizada a esta norma procesal no abarcó ni consideró los argumentos descritos en este análisis, por lo que planificar y concretar una reforma íntegra en cuanto la claridad en términos y plazos, es lo que correspondería atender al legislativo.

Los numerales 2 y 3 de este apartado llevan a establecer la duda al momento de decidir alguna actuación judicial por el o la administradora de justicia; así como, ineludiblemente, esta confusión se verá proyectada en las partes procesales que están legitimadas en un proceso judicial.

El inconveniente de la falta de claridad y especificación en los artículos del COGEP mencionados en este espacio argumentativo, trasgreden a principios como los de Seguridad Jurídica y Legalidad, ya que la vigente existencia de su contenido no es compatible a la guía que, esencialmente, sí posee la norma procesal.

Al ser así, una eventual reforma debe además de corregir este vacío, establecer que el artículo 74 del COGEP se debe aplicar en estricta forma a los autos de sustanciación o de mero trámite.

Asimismo, sería oportuno instar a los jueces de primera y segunda instancia para que eleven una consulta a la Corte Nacional de Justicia, a fin de exponer los argumentos descritos en este estudio, y se pueda manejar una línea vinculante en cuanto a la claridad y uniformidad en los términos y los plazos en materia procesal no penal.

CONFLICTO DE INTERESES

El autor declara que no existe conflicto de interés posible.

REFERENCIAS

Andrade, F. (2011). Diccionario y Guía Índice. Código Civil y Procedimiento Civil. *Volumen III. Fondo de Cultura Ecuatoriana*.

Asamblea Constituyente. (2008, 20 de octubre). Constitución de la República del Ecuador. *Registro Oficial No. 449*.

Asamblea Nacional del Ecuador. (2015, 22 de mayo). Código Orgánico General de Procesos. *Registro Oficial No. 506*.

Asamblea Nacional del Ecuador. (2019, 26 de junio). Ley Orgánica Reformatoria del Código Orgánico General de Procesos. *Registro Oficial No. 517*.

Asamblea Nacional del Ecuador. (2021, 14 de mayo) Ley Orgánica de la Defensoría Pública. *Registro Oficial No. 452*.

Barrera, J. (2014). Lineamientos hermenéuticos de la praxis jurídica. CRITERIOS - *Cuadernos de Ciencias Jurídicas y Política Internacional Vol. 7(1), 205-239*.

Cabanellas, G. (2003). Diccionario Jurídico Elemental. *Editorial Heliasta*.

Cevallos, G. Alvarado, Z y Astudillo, R. (2017). La inmediación y la concentración como principios constitucionales en la legislación ecuatoriana. *(Edición núm. 7) Vol. 2(6), 329-344.*

Hidalgo, J. (2019). Las diligencias preparatorias y el debido proceso. [Tesis de Pregrado, Universidad Regional Autónoma de Los Andes]. *https://dspace.uniandes.edu.ec/123456789/.*

Islas, R. (2009). Sobre el Principio de Legalidad. Anuario de Derecho Constitucional Latinoamericano, Año XV, 97-108. *https://www.corteidh.or.cr/tablas/r23516.pdf*

Izurieta, L. (2017). Las funciones del juzgador en relación con las pruebas en el Código Orgánico General del Ecuador. Revista Jurídica Piélagus. Vol. 16(1), 11-21. *https://journalusco.edu.co/index.php/pielagus/article/view/1448/2650*

Montaño, J. (2020). Necesidad de implementar una regla respecto del artículo 36 del COGEP, para declarar la invalidez de una diligencia realizada por un Abogado defensor, cuando este ha actuado sin autorización de su defendido. [Tesis de maestría, Universidad Técnica Particular de Loja]. *http://dspace.utpl.edu.ec/handle/20.500.11962/26944*

Montaño. J. (Edit.). (2016). El Código Orgánico General de Procesos. Diálogos Judiciales Nro. 3. *Corte Nacional de Justicia*.

Pérez, A. (2000). La seguridad jurídica: una garantía del derecho y la justicia. Boletín de la Facultad de Derecho. Núm. 15. Universidad Nacional de Educación a Distancia. *http://espacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:BFD-2000-15-48A09575/PDF*

Ramírez, C. (2017). Apuntes sobre la prueba en el COGEP. *Corte Nacional de Justicia.*

Ramírez, C. (Edit.). (2017). Criterios sobre inteligencia y aplicación de la ley. Materias no penales. *Corte Nacional de Justicia*.

Vicuña, L. y Chávez, J. (2016). Manual del Código Orgánico General de Procesos (COGEP). *Corporación de Estudios y Publicaciones*.

PROTOTIPO LEGO DE UN PANEL SOLAR GIRATORIO PARA COMUNIDADES INDÍGENAS

Data de aceite: 01/11/2023

Clara Sarith Amaya Mármol
Universidad de La Guajira. Riohacha, Colombia

Oscar Guillermo Espinoza González
Universidad de La Guajira. Riohacha, Colombia

Anthon Keiser De Kom Molina
Universidad de La Guajira. Riohacha, Colombia

RESUMEN: Introducción: Los resultados de esta investigación demuestran que con un bajo presupuesto se pueden suplir las necesidades básicas de energía eléctrica de una vivienda indígena guajira a través de la instalación de un pequeño panel solar giratorio. **Objetivo**: El propósito de esta investigación fue el diseño y construcción de un sistema solar giratorio que pueda satisfacer el consumo promedio mensual de energía eléctrica de una vivienda de la comunidad indígena La Raya, en Mayapo del departamento de La Guajira, Colombia. **Metodología:** la investigación se realizó a través de las siguientes etapas: una recolección de información climática y geográfica del lugar, un estudio estadístico sobre el consumo promedio mensual de energía en las viviendas de la población, la adaptación de un algoritmo en arduino, el diseño e impresión de las piezas, por último, el ensamble y articulación de todas las partes del modelo. **Resultados:** el desarrollo de esta investigación arroja como resultado un prototipo con un panel solar de 9 voltios, que gira en los dos ejes buscando obtener la mayor radiación solar directa. **Conclusiones:** el estudio estadístico en la comunidad indígena La Raya- Mayapo, demostró que la mayoría de los hogares contienen un mínimo de dos luminarias, un celular y una radio. De la misma manera esta investigación logró que el prototipo desarrollado suministrará energía suficiente para tres bobillas (3w) y una radio (5w) durante 8.5 horas.

PALABRAS CLAVES: comunidades rurales indígenas guajiras, Colombia, electricidad, diseño lego, panel solar giratorio, prototipo, radiación solar.

LEGO PROTOTYPE OF A ROTATING SOLAR PANEL FOR INDIGENOUS COMMUNITIES

ABSTRACT: Introduction: The results of this research demonstrate that with

a low budget the basic electrical energy needs of a Guajira indigenous dwelling can be supplied through the installation of a small rotating solar panel. **Objective:** The purpose of this research was the design and construction of a rotating solar system that can satisfy the average monthly consumption of electric energy of a house in the indigenous community of La Raya, in Mayapo in the department of La Guajira, Colombia. **Methodology:** the research was carried out through the following stages: a collection of climatic and geographical information of the place, a statistical study on the average monthly energy consumption in the homes of the population, the adaptation of an algorithm in arduino, the design and printing of the pieces, and finally, the assembly and articulation of all the pieces of the model. **Results:** the development of this research results in a prototype with a 9 volt solar panel, which rotates on both axes seeking to obtain the greatest direct solar radiation. **Conclusions:** The statistical study in the indigenous community of La Raya-Mayapo showed that most homes contain a minimum of two lights, a cell phone and a radio. In the same way this research achieved that the developed prototype will supply enough energy for three coils (3w) and a radio (5w) for 8.5 hours. **KEYWORDS:** Guajira indigenous rural communities, Colombia, electricity, lego design, rotating solar panel, prototype, solar radiation.

1 I INTRODUCCIÓN

La ubicación de un panel solar juega un papel importante al momento de su instalación, pues lo que se busca, es obtener por mayor tiempo la potencia nominal que este ofrece, es decir que cuando se compra un panel solar de , lo que el fabricante está diciendo es que esta es la cantidad de energía por hora que será capaz de producir este panel en condiciones óptimas, ósea un día completamente despejado y que el ángulo de incidencia del sol al panel sea el mejor. En Colombia se han estado realizando estudios sobre la cantidad de radiación solar que impacta nuestro territorio desde el año 1976, así lo refleja el anexo: promedios mensuales de brillo solar para todas las estaciones del país (horas de sol al día), publicado en la base de archivos del atlas de radiación solar, ultravioleta y ozono de Colombia, este atlas pertenece al instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) y es desarrollado y actualizado por nuestro gobierno con el apoyo de la unidad de planeación minero energética (UPME). Las estaciones automáticas satelitales que fueron calibradas con el patrón nacional en la implementación de 497 sensores, arrojaron con precisión la disponibilidad de la radiación global y del brillo solar en el territorio nacional.

De estos estudios se conoce que la radiación solar en el municipio de Manaure es capaz de producir entre 5.5 y de energía, municipio al cual pertenece la comunidad indígena La Raya, que fue el lugar de muestra y población para el estudio de viabilidad, diseño, elaboración y prueba de este proyecto en el departamento de La Guajira.

El objetivo principal de este proyecto fue hacer de la instalación del panel un escenario perfecto, es decir es que los paneles recibieran luz directa las 12 horas del día en los 365 días al año, es por eso que se desarrolló un sistema de seguidor de luz a bajo costo,

que pudiera ser instalado por cualquier persona de la comunidad indígena y que satisficiera las mismas necesidades que hoy suple un sistema de electricidad convencional, para esto se realizó una estudio estadístico de los consumos eléctricos de cada vivienda, teniendo en cuenta la cantidad de personas que la habitan y la cantidad de electrodomésticos y luminarias que poseen.

Muchas de las comunidades indígenas en el departamento de La Guajira son de difícil acceso, en su mayoría los caminos no están pavimentados, se encuentran en malas condiciones permitiendo que solo accedan vehículo con trasmisión , además algunos caminos son tan angostos que solo permiten el acceso de motos y bicicletas, es por esto y otros inconvenientes económicos que todavía hay comunidades indígenas sin acceso a la electricidad y los que cuentan con ella, son redes inestables e inseguras. El sistema desarrollado no solo se puede adquirir a un bajo presupuesto, sino que es lego, es decir que puede ser ensamblado por cualquier persona que pueda leer e incluso que pueda interpretar y relacionar varias imágenes.

2 I REVISIÓN LITERARIA

En la investigación de los autores M. Vanegas Chamorro, E. Villicaña Ortíz y L. Arrieta Viana titulada "Cuantificación y caracterización de la radiación solar en el departamento de La Guajira-Colombia mediante el cálculo de transmisibilidad atmosférica", publicado en la revista Scielo, Vol. 13 no. 2 de julio del 2015, se toman los siguientes resultados permitentes para el desarrollo de la presente investigación:

1. Estaciones meteorológicas de la zona norte de La Guajira (clima cálido árido).

Estación	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Temperatura (°C)	HR (%)
Manaure	11°46'	72°28"	1	28,7	73,2
Puerto Bolívar	12°13'	71°59'	10	28,4	74,2
Nazareth	12°10"	71°17'	85	27,2	81,3
Rancho Grande	11°41'	71°49'	50	27,7	65,8

Tabla 1

Fuente: artículo Cuantificación y caracterización de la radiación solar en el departamento de La Guajira-Colombia mediante el cálculo de transmisibilidad atmosférica. https://doi.org/10.15665/rp.v13i2.487

La tabla 1 señala los valores de las estaciones meteorológicas del municipio de Manaure, municipio al cual pertenece la comunidad indígena "La Raya" donde se realizó este proyecto.

La tabla 2 recopila el promedio de la irradiación solar global anual de este municipio asumiendo diferentes índices de nubosidad, observándose que aun cuando la nubosidad se encuentra en 0.4 (3.2/8, poco nuboso) la irradiación solar de Manaure se encuentra en

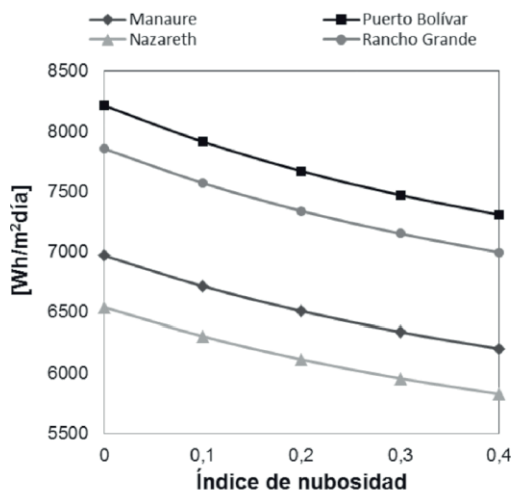
es decir con muy buenas condiciones para instalar paneles solares.

2. Irradiación solar global promedio anual en las estaciones meteorológicas.

Estaciones	I_{TH} (β=0,0) [Wh/m²día]	I_{TH} (β=0,1) [Wh/m²día]	I_{TH} (β=0,2) [Wh/m²día]	I_{TH} (β=0,3) [Wh/m²día]	I_{TH} (β=0,4) [Wh/m²día]
Manaure	6966,8	6713,4	6506,7	6338,3	6201,0
Puerto Bolívar	8212,8	7912,9	7668,6	7469,6	7307,5
Nazareth	6538,3	6303,1	6111,0	5954,2	5826,3
Rancho Grande	7853,9	7569,7	7337,9	7148,8	6994,6

Tabla 2

Fuente: artículo Cuantificación y caracterización de la radiación solar en el departamento de La Guajira-Colombia mediante el cálculo de transmisibilidad atmosférica. https://doi.org/10.15665/rp.v13i2.487

3. Irradiación solar global promedio anual en las estaciones meteorológicas en función del índice de nubosidad.

Grafica 1.

Fuente: artículo Cuantificación y caracterización de la radiación solar en el departamento de La Guajira-Colombia mediante el cálculo de transmisibilidad atmosférica. https://doi.org/10.15665/rp.v13i2.487

La grafica 1 ilustra la irradiación solar global de la tabla, mostrando resultados a diferentes índices de nubosidad, sin embargo, es importante conocer la irradiación directa y difusa del lugar donde se desarrolló el proyecto, por eso extrajo también de la investigación de Vanegas la tabla 3, donde se señalan estas otras irradiaciones; la radiación directa es aquella que viene directamente del sol a la superficie en estudio y la radiación solar difusa en la superficie en estudio: es aquella que proviene de la atmosfera por dispersión de parte de la radiación solar. La tabla 3 se construyó con una nubosidad de 0.3 (2.4/8 poco nuboso).

4. Irradiación solar global, directa y difusa promedio anual en las estaciones meteorológicas.

Estación	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Temperatura (°C)	HR (%)
Manaure	11°46'	72°28"	1	28,7	73,2
Puerto Bolívar	12°13'	71°59'	10	28,4	74,2
Nazareth	12°10"	71°17'	85	27,2	81,3
Rancho Grande	11°41'	71°49'	50	27,7	65,8

Tabla 3.

Fuente: artículo Cuantificación y caracterización de la radiación solar en el departamento de La Guajira-Colombia mediante el cálculo de transmisibilidad atmosférica. https://doi.org/10.15665/rp.v13i2.487

Todo lo anterior confirma al municipio de Manaure como una zona altamente acta para el desarrollo de proyectos con paneles solares, como ultimo aporte de la investigación de Vanegas se tomó un estudio multianual del mes enero para calcular la radiación solar de esta zona a través del modelo de Bird y Hulstrom.

5. Mapa de radiación solar global. Promedio multianual del mes de enero.

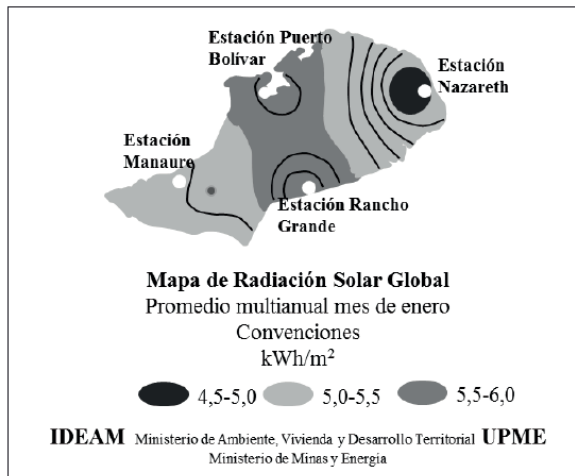



Figura 1

Fuente: artículo Cuantificación y caracterización de la radiación solar en el departamento de La Guajira-Colombia mediante el cálculo de transmisibilidad atmosférica. https://doi.org/10.15665/rp.v13i2.487

La investigación de Vanegas concluye que “para la estación Nazareth (ubicada en la zona de color negro) 5,6-6,3 kWh/m2, estaciones Rancho Grande y Puerto Bolívar (ubicadas en la zona de color gris oscuro) 7,2-8,2 y 7,1-8,1 kWh/m2, respectivamente y en la estación Manaure (ubicada en la zona de color gris claro) 6,0-6,8 kWh/m2. Se observa que los valores de irradiación global calculados a través del modelo de Bird y

Hulstrom y empleando los datos promedios multianuales desde 1983 hasta 2013 (30 años) suministrados por estas estaciones, son mayores que los intervalos considerados para esa zona en el atlas de radiación solar de Colombia".

De la misma manera, es relevante para este proyecto la información suministrada en el Atlas de Radiación Solar de Colombia y su apéndice A, publicados por La Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en el año 2005; de los cuales se tomaron las siguientes las siguientes conclusiones:

1. Una aproximación a la disponibilidad promedio multianual de energía solar por regiones es:

REGIÓN	$kWh/m^2/año$
GUAJIRA	2.190
COSTA ATLÁNTICA	1.825
ORINOQUIA	1.643
AMAZONIA	1.551
ANDINA	1.643
COSTA PACÍFICA	1.278

Tabla 4

Fuente: Atlas de Radiación Solar de Colombia. http://www.upme.gov.co/docs/atlas_radiacion_solar/1-atlas_radiacion_solar.pdf

2. La declinación solar en nuestro planeta tierra:

Se presenta el esquema del cambio de declinación con movimiento del Sol respecto al plano del Ecuador, figura 2 y la variación de la declinación del sol (δ) durante el año, grafica 2 (el ángulo formado entre el plano ecuatorial de la tierra y la línea Tierra-Sol se denomina declinación solar (δ)).

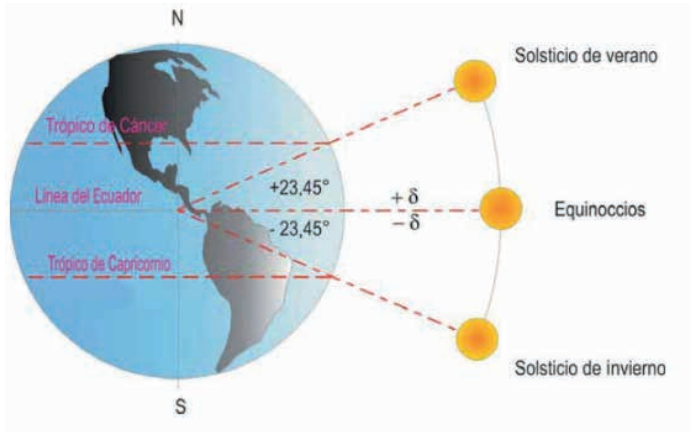
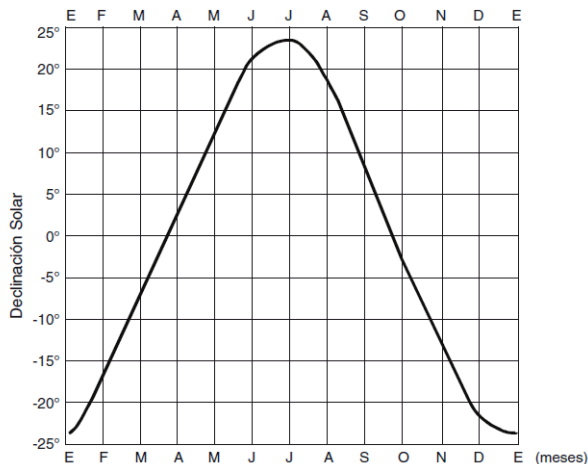



Figura 2

Fuente: apéndice A del Atlas de Radiación Solar de Colombia. http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/7-Apendice_A.pdf

Grafica 2

Fuente: apéndice A del Atlas de Radiación Solar de Colombia. http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/7-Apendice_A.pdf

Observando la gráfica anterior se puede deducir que la declinación solar varia respecto a los meses de año, para evitar variar la programación que provoca los giros del panel en cuanto a los grados del ángulo formado entre el plano ecuatorial de la tierra y la línea Tierra-Sol, se optó por estimular el giro a través de fotorresistencias (light-dependent resistor, LDR), las fotocélulas están construidas por un cristal semiconductor fotosensible como el sulfuro de cadmio, cuando este material recibe luz se vuelve conductor, es decir que los electrones son excitados a la banda de conducción, disminuyendo el valor de la resistencia, cuando no hay luz sobre el fotoconductor, su resistencia aumenta.

Por otro lado, en el artículo informativo de la organización Human Rights Watch (ORG-HRW) del 13 de agosto de 2020, deja ver lo difícil que es acceder a las comunidades indígenas de La Guajira, este articulo mostro como en medio de la pandemia, en el aislamiento era difícil asistirlos con ayudas de alimentación, hidratación y salud, menciona que los efectos del cambio climático agudizaron los problemas de inseguridad alimentaria y desnutrición, porque los Wayuu que son la población indígena más grande de Colombia viven, en su mayoría en zonas rurales desérticas, conformando pequeños poblados. Por este motivo es que ellas no cuentan con acometidas de energía eléctrica y tampoco acuden a la instalación de los sistemas captadores de energías renovables por su dificultad de ensamble. Es aquí donde el resultado de esta investigación les permite a los Wayuu instalar a ellos mismos un panel solar giratorio de bajo costo y satisfacer sus consumos energéticos más básicos.

El trabajo de grado de K. A. Asqui y M. B. Jarrin titulado: "Producción y Comercialización de Plástico Biodegradable a partir de la Cáscara de Banano en la ciudad de Guayaquil" de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil en marzo de 2015, reafirma que el plástico regular en su mayoría es un derivado del petróleo, que tienen carbono y/o metano, los cuales se liberan en la atmosfera cuando se desechan o se funden y según su tipo podrían tardar hasta 1000 en degradarse y desaparecer.

A su vez menciona que los plásticos biodegradables están hechos de materiales vegetales completamente naturales, que a diferencia del plástico tradicional no posee las cargas químicas perjudiciales que se liberan en medio de la fundición; los plásticos biodegradables pueden ser degradados por bacterias de origen natural, requieren menos energía para fabricarse, son más fáciles de reciclar, son renovables, son amigables con el medio ambiente y además no son tóxicos. Por estas y más ventajas, el material del prototipo que expone esta investigación podría ser un biomaterial o al menos contener gran parte de ello en su composición.

3 | METODOLOGÍA

3.1 Estudio estadístico

Se realizo una encuesta para determinar el consumo promedio mensual de energía eléctrica, a su vez se quiso conocer la cantidad de bombillas, electrodomésticos y aparatos eléctricos usados. Se recopilaron y se estudiaron los datos; los resultados del análisis estadístico, se comparten más adelante en este artículo.

En la figura 3 se ilustra la ubicación de la muestra poblacional de estudio: La comunidad la Raya, que es una población indígena wayuu ubicada en el departamento de La Guajira en el municipio de Manaure. Este resguardo indígena es conocido como una riqueza cultural y etnica por sus majestuosidades playas y el gran talento cultural de su

gente.

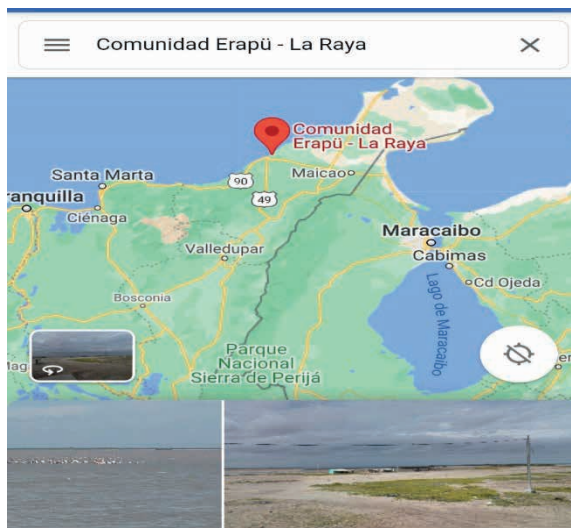



Figura 3

Fuente: Google Map

3.2 Desarrollo

De la misma manera se realizaron simulaciones de los circuitos electrónicos controladores y reguladores, se diseñaron y modelaron en un software 3D las piezas que sostiene el panel giratorio para posteriormente imprimir cada pieza en un material de prueba de muy bajo costo como el MDF. A continuación, se ilustra imágenes de estos procedimientos.

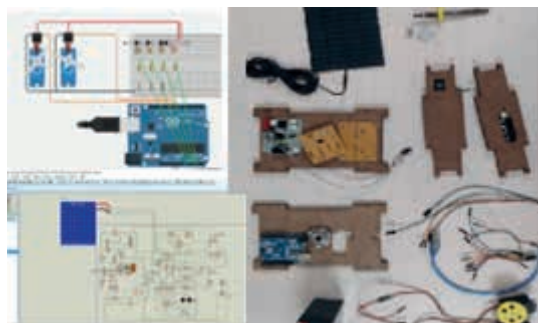



Figura 4

Fuente: Elaboración propia

3.3 Construcción e Implementación:

En esta fase se procedió al ensamble y la articulación de todas las partes electrónicas, el panel, los motores, la base y la batería. Posteriormente se hicieron pruebas de movimiento y se implementó el prototipo para el funcionamiento de 3 focos de 3w y una radio de 5w, tal como se ilustra en la figura 5:

Figura 5

Fuente: Elaboración propia

4 I RESULTADOS

Entre los resultados obtenidos de esta investigación se tiene dos puntos importantes, el primero de ellos es mencionar que el estudio estadístico en la comunidad indígena La Raya- Mayapo, demostró que la mayoría de los hogares contienen mínimo 2 luminarias, un celular y una radio, este estudio revelo que la comunidad en estudio no cuenta con contadores de energía, sino que tienen una cuota mensual que varía dependiendo de la cantidad de bombillos y electrodomésticos que tenga la vivienda, dicho valor lo actualiza una persona de la empresa comercializadora de energía eléctrica cada 3 meses, sin embargo en las facturas que les emiten cada mes les mencionan la cantidad de kilowatts que deben pagar. El análisis mostró que el promedio mensual de kilowattshora por vivienda son 65,77kWh, por un valor promedio de 12.555 pesos.

El costo en estos resultados demuestra el apoyo del gobierno departamental a las comunidades rurales indígenas.

En segundo lugar, el desarrollo de esta investigación es un prototipo con un panel solar de 9 voltios, que gira en los dos ejes buscando obtener la mayor radiación solar directa, el panel llena una batería que a su vez alimenta el circuito controlador y regulador del sistema, dicho circuito provee 4 salidas de 3 y 5watts. En las pruebas se logró encender 3 focos de 3watts y una radio de 5watts por 8.5 horas hasta que se agotó la carga de la batería, a su vez se determinó que el prototipo del panel solar de 9v carga la batería en un tiempo de 5 horas con una irradiación solar global igual a con nubosidad nula

5 I CONCLUSIONES

Como conclusión de esta investigación se reafirma al departamento de La Guajira, como el más óptimo en el territorio nacional colombiano para la producción de energía eléctrica a partir de la energía solar, de la misma manera se incentiva a la comunidad en general a la transición energética, también se destaca el bajo costo económico en el que se produjo el prototipo, la alta disponibilidad de los materiales, la gratuidad en algunos de los softwares utilizados y la gran eficiencia de energía eléctrica que este produce a partir de la radiación solar, pues como se documentó anteriormente el prototipo es bastante pequeño, usa un panel solar de 9 voltios que carga una batería de 6V a 4A con mil ciclos de utilidad y logra alimentar por alrededor de 8 horas 4 artefactos de corriente directa que consuman entre los 3 y 5 Wh. Por último y como el mayor de los beneficios del prototipo se señala la facilidad del montaje, el sistema está diseñado para ser armado e implementado por cualquier persona que pueda interpretar unas imágenes sencillas del calzado de partes y conexión de cables, por eso a este modelo se le llama tipo lego.

REFERENCIAS

Libro (antología o compilación)

Arias, F. El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica. Quinta edición. Caracas, Venezuela: Editorial Episteme, C.A. 2006, pp 57-64.

Bavaresco, A. Las técnicas de la investigación. Maracaibo, Venezuela, Editorial Universidad del Zulia, 2008, pp 57-62.

Irwin D. Nelms M. Basic engineering circuit análisis, 11a edición, United States of America, Editorial JOHN WILEY & SONS, 2015, pp 24-49.

Raymond A. Serway C. Fundamentos de física, 10ma edición, Cuidad de México, México, editorial Cengage Learning Editores, 2018, pp 548-562.

Boylestad R. Introducción al análisis de circuitos, 12a edición, de México, Editorial Pearson Educación, 2011, pp 35-38.

Hernández R. Fernández C. Baptista P. Metodología de la investigación. 4ta edición. México. Editorial McGraw-Hill, 2006, pp 122-125.

Tamayo, M. El proceso de la Investigación Científica. 4ta edición. México. Editorial Limusa- Noriega Editores, 2003, pp 141-146.

Bibliografía electrónica

Asqui K. Jarrin M. Producción y Comercialización de Plástico Biodegradable a partir de la Cáscara De Banano en la ciudad de Guayaquil, trabajo de grado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador, 2015, pp 29-36. Disponible: http://201.159.223.180/bitstream/3317/3233/1/T-UCSG-PRE-ESP-CFI-146.pdf

Palacios J. Morales A. (2017) Productividad de paneles solares monocristalinos, memorias del XXIII congreso internacional anual de la Somim. Instituto Tecnológico de Chihuahua. Cuernavaca, Morelos, México, pp. 75. Disponible: http://somim.org.mx/memorias/memorias2017/articulos/A5_148.pdf

Pérez Correa E., Pérez Martínez M. (2002). El sector rural en Colombia su crisis actual. Cuadernos de desarrollo rural, revistas Javeriana. Vol. 1 no. 48. Disponible: https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/desarrolloRural/article/view/1993

Suárez W. (junio 2016). El reto de energizar zonas rurales aisladas. Revista Semana. Disponible: https://www.semana.com/opinion/articulo/el-reto-de-energizar-zonas-rurales-aisladas/35443/

Vanegas Chamorro, Villicaña Ortíz y Arrieta Viana (junio 2015), Cuantificación y caracterización de la radiación solar en el departamento de La Guajira-Colombia mediante el cálculo de transmisibilidad atmosférica. Scielo Vol. 13 no. 2. Disponible: https://doi.org/10.15665/rp.v13i2.487

Bibliografía web

Anexo: promedios mensuales de brillo solar para todas las estaciones del país, Colombia; publicación del IDEAM 2017. Disponible: http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/6.Anexo_Promedios-mensuales-de-brillo-solar.pdf

Apéndice A del atlas de radiación solar de Colombia, (2005). Publicación de la unidad de planeación minero energética (UPME) y el instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM). Disponible: http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/7-Apendice_A.pdf

Atlas de radiación solar de Colombia, (2005). Publicación de la unidad de planeación minero energética (UPME) y el instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM). Disponible: http://www.upme.gov.co/docs/atlas_radiacion_solar/1-atlas_radiacion_solar.pdf

Compañía levantina de reductores: ¿Qué es un servomotor y cuándo se utiliza? Disponible: https://clr.es/blog/es/servomotor-cuando-se-utiliza/

Guajira 360º Centro de pensamiento para el desarrollo, (2017). Índice de pobreza multidimensional. Disponible: https://guajira360.org/wp-content/uploads/2017/06/%C3%8Dndice-de-Pobreza-Multimensional.pdf

Human Rights Watch ORG, (2020). Colombia: Niños indígenas en riesgo de desnutrición y muerte. Disponible: https://www.hrw.org/es/news/2020/08/13/colombia-ninos-indigenas-en-riesgo-de-desnutricion-y-muerte

Joaquín Recio Miñarro, Energía Solar, Disponible: http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/solar.htm

Oriol Planas, (enero 2020) blog ¿qué es y cómo se produce de la energía solar? Disponible: https://solar-energia.net/

Referentes bibliográficos (software)

Atlas de radiación solar de Colombia, IDEAM, 2017. Disponible: http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html

Proteus 8 Profesional, Labcenter Electronics. Versión 8.12; 2021.

Questionpro, Software para encuestas. 2016. Disponible: https://www.questionpro.com/es/calculadora-de-muestra.html

Sistemas de datos aéreos integrados. Versión: 1.0, diciembre de 2021. Disponible: https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/

SolidWorks. Versión 2016:24; SolidWorks Corp, 2016.

Tinkercad modelado 3D para circuitos de Arduino en línea, 2011. Disponible: https://www.tinkercad.com/

CAPÍTULO 7

SERIE DE FOURIER EN ELECTRÓNICA

Data de aceite: 01/11/2023

Carlos Figueroa Navarro
Universidad de Sonora

Lamberto Castro
Universidad de Sonora

RESUMEN: En estas notas se explica en forma breve los aspectos elementales de la serie de Fourier. Primeramente, se determinan los coeficientes, luego se hace un desarrollo de los coeficientes complejos, enseguida se explican las funciones pares e impares, por último, se analiza el caso de un circuito eléctrico con señal periódica, la cual se demuestra gráficamente la aproximación de la función.

1 I INTRODUCCIÓN

La serie de Fourier consiste en una suma de términos con funciones seno y coseno; esta representación es muy útil porque tienen muchas aplicaciones en ingeniería, por ejemplo en comunicaciones, inteligencia artificial y procesamiento de imágenes, así como en electrónica. La idea es representar funciones periódicas generales, pues la serie respectiva permite una suma finita o infinita de funciones senoidales.

El propósito de este trabajo es ofrecer una idea introductoria de la serie de Fourier y su aplicabilidad a un problema de electrónica de potencia. Nuestro análisis propuesto es con base al trabajo de Fernández Monteforte [1]. En efecto, en este artículo se plantea la solución en forma de serie de Fourier de la ecuación diferencial ordinaria que representa un circuito eléctrico RLC (con una resistencia, una capacitancia y una inductancia) que tiene un voltaje periódico. Nosotros consideramos como propuesta complementaria, que debe graficarse la aproximación de la función y debe interpretarse de forma más correcta, además proponemos incluir la solución de la integral que obtiene el coeficiente de la serie.

Para tener una explicación de estas series se presenta en la forma que propone [2], en efecto este autor inicia con series trigonométricas, se define que es

una función periódica, luego se utiliza el hecho de que la función seno y coseno tienen periodo 2π , con base a esto se establece un sistema trigonométrico, donde se especifica la ortogonalidad en el intervalo respectivo. El problema es representar una función del tiempo, en serie de suma infinita y que por supuesto garantice su convergencia. Estas series se llaman series trigonométricas [3] y surgen del deseo de representar una función periódica que dependa del tiempo en términos de función seno y coseno, cuyos coeficientes, llamados de Fourier se determinan mediante las fórmulas de Euler.

Otro aspecto relevante es definir el caso de funciones pares e impares, pues es fácil dilucidar que una función par corresponde una serie de Fourier de cosenos, mientras la función par es una función de senos. De la misma manera, se justifica la forma compleja de la serie de Fourier y su relación con la transformada de Fourier. Por último, se añaden comentarios sobre el fenómeno de Gibbs y las denominadas pulsaciones.

Para el enfoque aplicativo, se resuelve el problema de un circuito eléctrico RLC, resistivo, capacitivo e inductivo, [4] se establece una función para la corriente en forma triangular y periódica, se aplican las leyes de Kirchhoff y el principio de superposición, lo cual que genera una ecuación diferencial ordinaria se obtiene el voltaje de circuito y se grafica la aproximación.

2 | SERIE TRIGONOMÉTRICAS Y CÁLCULO DE COEFICIENTES

Se dice que una función es periódica si

$$f(t+p)=f(t) \quad t\in\mathbb{R} \quad p>0$$

Al término p se le llama periodo; ahora nos interesa como representar funciones con periodo de $p = 2\pi$ en términos del siguiente conjunto llamado sistema trigonométrico.

$$\{1, \cos t, \sin t, \cos 2t, \sin 2t, \ldots \cos(nt), \sin(nt), \ldots\}$$

Este sistema es un conjunto ortogonal de funciones en el intervalo [-π ,π], por definición esto significa que la integral del producto de cualquiera de dos funciones diferentes de ese conjunto, sobre dicho intervalo es cero, para todo m, $n \in \mathbb{N}$

$$\int_{-\pi}^{\pi} 1\cos(nt)dt = \int_{-\pi}^{\pi} 1sen(nt)dt = 0$$

$$\int_{-\pi}^{\pi} \text{sen(mt)}\cos(nt)dt = 0$$

$$m,n\in\mathbb{N}$$

$$\int_{-\pi}^{\pi} \cos(\text{nt})\cos(\text{m}t)dt = \begin{cases} 0 & si\, n \neq m \\ \pi & si\, n = m \end{cases}$$

$$\int_{-\pi}^{\pi} \sin(\text{nt})\sin(\text{m}t)dt = \begin{cases} 0 & si\, n \neq m \\ \pi & si\, n = m \end{cases}$$

Las series que surgen son de la forma

$$\frac{a_0}{2} + a_1 \cos t + b_1 sent + a_2 \cos(2t) + b_2 sen(2t) + ... =$$

$$\frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left[a_n \cos(nt) + b_n sen(nt) \right]$$

Se supone que la función *f* (*t*) es una función periódica de periodo 2π que se representa por una serie trigonométrica.

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left[a_n \cos(nt) + b_n sen(nt) \right]$$

También se puede decir que la serie converge a la función $f(t)$ donde los coeficientes son constantes reales. Aquí son necesarias las sumas parciales como

$$S_N = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{N} \left[a_n \cos(nt) + b_n sen(nt) \right]$$

Ahora el reto es encontrar los coeficientes correspondientes, se procede a efectuar el integral término a término de la serie

$$\int_{-\pi}^{\pi} f(t) dt = \int_{-\pi}^{\pi} \left(\frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left[a_n \cos(nt) + b_n sen(nt) \right] \right) dt$$

Claramente se tiene con el primer término que no es diferente de cero es el primero, los demás son cero al considerar su propiedad de ortogonalidad, de tal forma que

$$\int_{-\pi}^{\pi} f(t) dt = \frac{a_0}{2} \int_{-\pi}^{\pi} dt = a_0 \pi$$

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(t) dt$$

Para determinar los demás coeficientes, se multiplica por cos(mt) para m entero

$$\int_{-\pi}^{\pi} f(t) \cos(mt) dt = \int_{-\pi}^{\pi} \left(\frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left[a_n \cos(nt) + b_n sen(nt) \right] \right) \cos(mt) dt$$

Se sabe que la primera integral es cero, la segunda integral se aplica otra vez su propiedad de ortogonalidad tal que

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n \int_{-\pi}^{\pi} \cos(\mathrm{nt}) \cos(\mathrm{m}t) dt = a_m \pi$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} b_n \int_{-\pi}^{\pi} \mathrm{sen}(\mathrm{nt}) \cos(\mathrm{m}t) dt = 0$$

$$\int_{-\pi}^{\pi} f(t)\cos(mt)\,dt = a_m\pi$$

Para determinar el otro coeficiente se procede de manera análoga.

$$\int_{-\pi}^{\pi} f(t)sen(mt)\,dt = b_m\pi$$

Se obtienen los llamadas coeficientes de Euler

$$a_n = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi} f(t)\cos(nt)dt$$

$$b_n = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi} f(t)sen(nt)dt$$

3 I SERIE COMPLEJA DE FOURIER, PARIDAD Y FENÓMENO DE GIBBS

A continuación, se establecen las bases para obtener la serie compleja de Fourier, aquí se aprovecha la denominada también fórmula de Euler

$$e^{ix} = \cos x + isenx$$

$$e^{-ix} = \cos x - isenx$$

Se hace $x = nt$ tal que

$$\cos(nt) = \frac{e^{\text{int}} + e^{-\text{int}}}{2}$$

$$sen(nt) = i\frac{e^{-\text{int}} - e^{\text{int}}}{2}$$

Tales formas se sustituyen en la serie

$$f(t) = \frac{1}{2}a_0 + \sum_{n=1}^{\infty}\left[a_n\left(\frac{e^{\text{int}} + e^{-\text{int}}}{2}\right) + ib_n\left(\frac{e^{-\text{int}} - e^{\text{int}}}{2}\right)\right]$$

$$f(t) = \frac{1}{2}a_0 + \sum_{n=1}^{\infty}\left[\frac{a_n - ib_n}{2}e^{\text{int}} + \frac{a_n + ib_n}{2}e^{-\text{int}}\right]$$

Ahora se definen los coeficientes así

$$\frac{a_0}{2} = c_0 \qquad \frac{a_n - ib_n}{2} = c_n \qquad \frac{a_n + ib_n}{2} = c_{-n}$$

Al sustituir se tiene

$$f(t)=c_0+\sum_{n=1}^{\infty}\left[c_n e^{\text{int}}+c_{-n}e^{-\text{int}}\right]$$

$$f(t)=c_0+\sum_{n=1}^{\infty}c_n e^{\text{int}}+\sum_{n=1}^{\infty}c_{-n}e^{-\text{int}}$$

$$f(t)=c_0+\sum_{n=1}^{\infty}c_n e^{\text{int}}+\sum_{n=-\infty}^{-1}c_n e^{\text{int}}$$

$$f(t)=\sum_{n=0}^{\infty}c_n e^{\text{int}}+\sum_{n=-\infty}^{-1}c_n e^{\text{int}}$$

$$f(t)=\sum_{n=-\infty}^{\infty}c_n e^{\text{int}}$$

Ahora se procede a encontrar el coeficiente de la serie compleja de Fourier

$$c_n=\frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi}f(t)\cos(nt)\,dt-i\frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi}f(t)\,sen(nt)\,dt$$

$$c_n=\frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi}f(t)\left[\cos(nt)-isen(nt)\right]dt$$

$$c_n=\frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi}f(t)e^{-\text{int}}dt$$

$$c_{-n}=\frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi}f(t)e^{\text{int}}dt$$

Por último, se tiene la serie de Fourier compleja

$$f(t)=\sum_{n=-\infty}^{\infty}c_n e^{\text{int}}$$

Otro resultado de mucha aplicación en procesamiento de imágenes es la transformada de Fourier

$$X(\omega)=\int_{-\infty}^{\infty}x(t)e^{i2\pi\omega t}dt$$

A continuación, se presenta la serie de Fourier de una función par e impar. Se dice que una función definida en un intervalo [-L, L] es par si $g(-t)=g(t)$ y su gráfica es simétrica con respecto el eje OY, ahora es función impar si $h(-t)=-h(t)$ y es simétrica respecto al origen. la figura 1 y 2 muestran cada caso

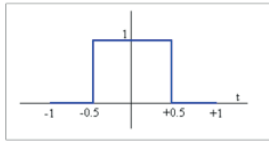
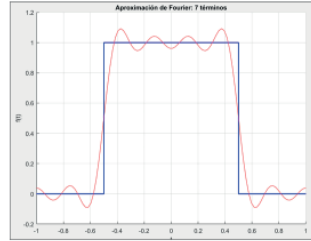



Figura 1. Función par

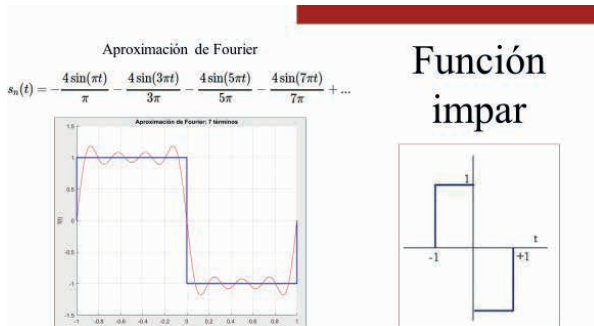



Figura 2. Fucion impar

Asimismo, en la figura 3 se presenta el denominado fenómeno de Gibbs

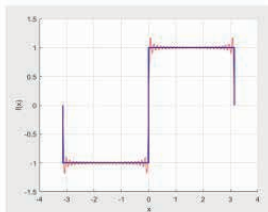



Figura 3. Fenómeno de Gibbs

El fenómeno de Gibbs es la descripción del comportamiento que tiene la serie de Fourier asociada a una función periódica en una discontinuidad, es decir, cuando una función tiene una discontinuidad de salto en un punto, su serie de Fourier tiene un comportamiento especial en dicho punto. Este comportamiento se llama fenómeno de Gibbs. Este fenómeno

consiste en que cerca del punto las sumas parciales de la serie de Fourier mantienen unas oscilaciones que no se hacen pequeñas y puede cuantificarse con precisión.

Por otro lado, para mostrar gráficamente la serie de Fourier, a continuación, se genera un ejemplo mostrado en la figura 4

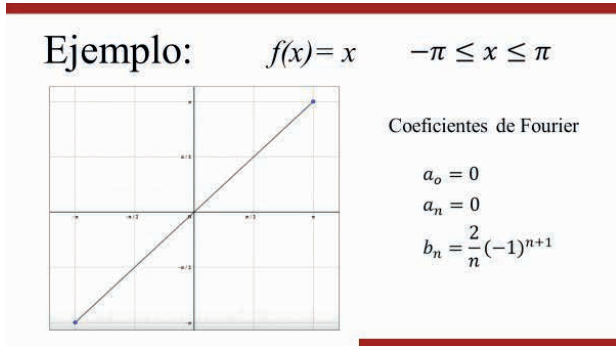



Figura 4. Ejemplo

La función tiene la siguiente serie parcial, las figuras 5, 6 muestran la aproximación

$$f(x) = 2\left[sen(x) - \frac{1}{2} sen(2x) + \frac{1}{3} sen(3x) - \frac{1}{4} sen(4x) + \cdots \right]$$

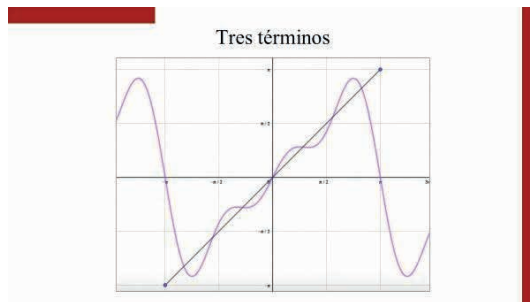



Figura 5. Ejemplo

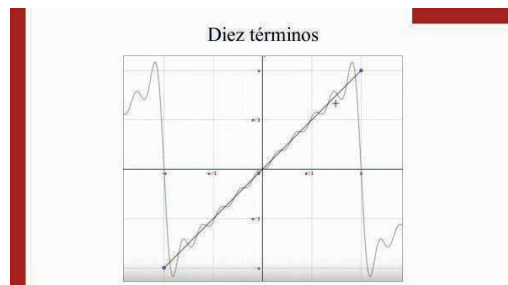



Figura 6. Ejemplo

De igual manera, se presenta en la figura 7 una pulsación, que consiste en sumar

dos ondas similares tales como

$$x(t) = sen(20t) + sen(21t)$$

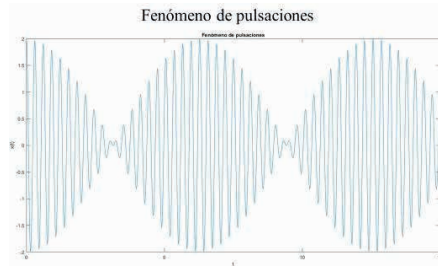



Figura 7. Pulsación

4 I APLICACIÓN EN ELECTRÓNICA

Se desea resolver un circuito RLC que tiene una corriente eléctrica de forma periódica

$$e(t) = \begin{cases} -t - \dfrac{\pi}{2}, & -\pi < t < 0 \\ t - \dfrac{\pi}{2}, & 0 < t < \pi \end{cases}$$

La figura 8 muestra su periodicidad

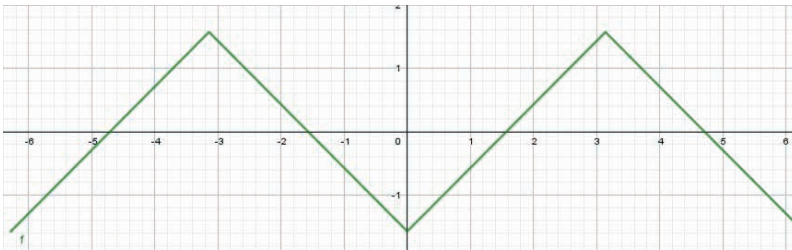



Figura 8. Corriente eléctrica

Aplicando ley de Kirchhoff se tiene que el voltaje será dado por

$$v(t) = V_R(t) + V_L(t) + V_C(t)$$

Sustituyendo cada caída de voltaje se tiene

$$v(t) = \mathrm{R}e(t) + L\frac{de(t)}{dt} + \frac{1}{C}\int e(t)dt$$

Para calcular los coeficientes se considera la función de la corriente y usando las fórmulas Euler se procede a resolver las integrales

$$a_0 = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{0}\left(-t-\frac{\pi}{2}\right)dt + \frac{1}{\pi}\int_{0}^{\pi}\left(t-\frac{\pi}{2}\right)dt$$

$$= \frac{1}{\pi}\left[-\frac{t^2}{2}-\frac{\pi t}{2}\right]_{-\pi}^{0} + \frac{1}{\pi}\left[\frac{t^2}{2}-\frac{\pi t}{2}\right]_{0}^{\pi} = \frac{-1}{\pi}\left[-\frac{(-\pi)^2}{2}-\frac{\pi(-\pi)}{2}\right] - \frac{1}{\pi}\left[\frac{\pi^2}{2}-\frac{\pi^2}{2}\right] = 0$$

$$a_n = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{0}\left(-t-\frac{\pi}{2}\right)\cos(nt)\,dt + \frac{1}{\pi}\int_{0}^{\pi}\left(t-\frac{\pi}{2}\right)\cos(nt)\,dt$$

Al resolver la primera por partes se tiene que

$$\int u\,dv = uv - \int v\,du \qquad u = -t-\frac{\pi}{2} \quad v = \frac{sen(nt)}{n}$$

$$du = -dt \qquad dv = \cos(nt)$$

$$= \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{0}\left(-t-\frac{\pi}{2}\right)\cos(nt)\,dt =$$

$$\left(-t-\frac{\pi}{2}\right)\frac{sen(nt)}{n\pi}\Bigg|_{-\pi}^{0} + \frac{1}{n\pi}\int_{-\pi}^{0} sen(nt)\,dt$$

El primero termino es cero, el segundo se procede a integrar

$$\frac{1}{n\pi}\int_{-\pi}^{0} sen(nt)\,dt = -\frac{1}{n}\left[\frac{\cos(nt)}{n}\right]_{-\pi}^{0} = \frac{1}{n^2\pi}\left[-1+(-1)^n\right]$$

El segundo término entonces

$$= \frac{1}{\pi}\int_{0}^{\pi}\left(t-\frac{\pi}{2}\right)\cos(nt)\,dt =$$

$$\left(t-\frac{\pi}{2}\right)\frac{sen(nt)}{n\pi}\Bigg|_{0}^{\pi} - \frac{1}{n\pi}\int_{0}^{\pi} sen(nt)\,dt$$

$$\frac{-1}{n\pi}\int_{0}^{\pi} sen(nt)\,dt = \frac{1}{n\pi}\left[\frac{\cos(nt)}{n}\right]_{0}^{\pi} = \frac{1}{n^2\pi}\left[-1+(-1)^n\right]$$

Al sumar ambos resultados se tiene

$$a_n = \frac{-2+2(-1)^n}{n^2\pi}$$

De tal forma que se tiene

$$e(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{-2+2(-1)^n}{n^2\pi}\cos(nt)$$

$$e'(t)=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{-2+2(-1)^n}{n\pi}sen(nt)$$

$$\int e(t)dt=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{-2+2(-1)^n}{n^3\pi}sen(nt)$$

El voltaje ahora será

$$v(t)=R\sum_{n=1}^{\infty}\frac{-2+2(-1)^n}{n^2\pi}\cos(nt)+L\sum_{n=1}^{\infty}\frac{-2+2(-1)^n}{n\pi}sen(nt)$$
$$+\frac{1}{C}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{-2+2(-1)^n}{n^3\pi}sen(nt)$$

reescribiendo

$$v(t)=\sum_{n=1}^{\infty}R\frac{-2+2(-1)^n}{n^2\pi}\cos(nt)+$$
$$\left(L\frac{-2+2(-1)^n}{n\pi}+\frac{-2+2(-1)^n}{Cn^3\pi}\right)sen(nt)$$

Para una suma parcial se tiene

$$v(t)=\frac{-4R\cos(t)}{\pi}-\frac{4R\cos(3t)}{9\pi}-\frac{4R\cos(5t)}{25\pi}$$
$$\left(\frac{4L}{\pi}-\frac{4}{C\pi}\right)sen(t)+\left(\frac{4L}{3\pi}-\frac{4}{27C\pi}\right)sen(3t)$$
$$\left(\frac{4L}{5\pi}-\frac{4}{125C\pi}\right)sen(5t)$$

La figura 9 muestra el resultado

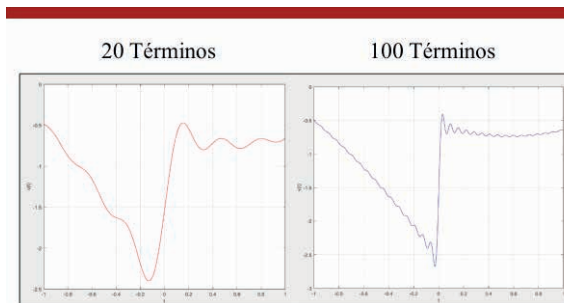



Figura 9. Función aproximada

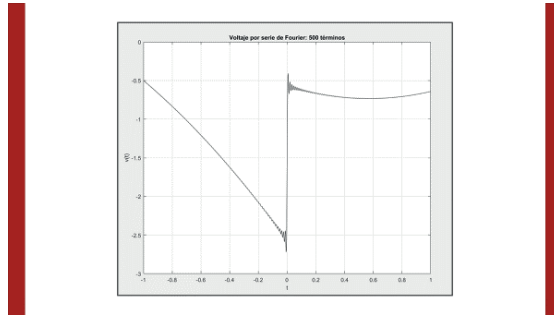



Figura 10. Función aproximada

5 | CONCLUSIONES

La serie de Fourier tiene un mundo de aplicaciones en electrónica, comunicación y procesamiento de imágenes, y es junto con la transformada de Laplace de las herramientas matemáticas más importantes e ingeniería. Un sustancial documental disponible es el video https://youtu.be/ds0cmAV-Yek.

Aspectos importantes además son el fenómeno de Gibbs y las pulsaciones, del primero se sabe que es relativo al estudio de las discontinuidades que pueda tener la función, y las pulsaciones es la suma de ondas similares. En cuanto al circuito RLC, nuestro trabajo complementa el cálculo de Fernández, pero añadiendo dos elementos importantes, primero especificando la integral que genera el coeficiente y segundo, graficando la función en serie que verifique la aproximación.

REFERENCIAS

[1]. Fernández Monteforte María C. *Utilización de Series de Fourier para resolver circuitos eléctricos con una señal periódica.* (2013).

[2]. Campbell, Stephen L, Haberman, Richard. *Introducción a las Ecuaciones Diferenciales con Problemas de Valor de Frontera.* Edit. McGraw-Hill. (1997)

[3]. Matemáticas Avanzadas para Ingeniería: Series de Fourier. ITESM , Departamento de Matemáticas (2018)

[4]. J.A. Edminister. *Circuitos Eléctricos.* McGraw Hill (1979)

SIMULATION OF RADIATION ATTENUATION IN POLYMER MATRIX COMPOSITE WITH EPOXY RESIN, REINFORCED WITH CARBON FIBER AND DISPERSION OF BISMUTH OXIDE (Bi_2O_3) NANOPARTICLES

Data de aceite: 01/11/2023

Pedro Marcio Munhoz
Nuclear and Energy Research Institute, IPEN-CNEN, Radiation Technology Center, Brazil
0000-0002-0072-7299

Fernando Codelo Nascimento
Nuclear and Energy Research Institute, IPEN-CNEN, Radiation Technology Center, Brazil
0000-0002-0076-7661

Leonardo G. A. Silva
Nuclear and Energy Research Institute, IPEN-CNEN, Radiation Technology Center, Brazil
0000-0002-7968-2117

Bruno Caravelas Gary
Nuclear and Energy Research Institute, IPEN-CNEN, Materials Science and Technology Center, Brazil
0000-0001-6486-2310

Wilson Aparecido Parejo Calvo
Nuclear and Energy Research Institute, IPEN-CNEN, Radiation Technology Center, Brazil
0000-0002-4316-8335

ABSTRACT: The aim of this study was to simulate gamma radiation attenuation using a polymer matrix composite of an epoxy (DGEBA) resin that was reinforced with carbon fiber cloth fabric and then dispersed with bismuth (III) oxide (Bi_2O_3) nanoparticles. The quantitative methodology was used for this simulation with the software Topas MC (version 3.7). The mass ratios of the bismuth (III) oxide nanoparticles in the composite were approximately 0.163, 0.244, 0.325 and 0.407. The photon energy in the simulation was 100 keV, typical X-ray energy in Medical Imaging (Diagnostic Radiography). The mass ratio of 0.407 and the polymer matrix composite at a thickness of 2.29 mm provided 89.03% attenuation of the photon energy. However, for the lead plate, a thickness of 0.34 mm was necessary for similar attenuation. Nonetheless, the fabrication process of a composite plate is easier than that of a lead plate. In conclusion, a composite of an epoxy polymer matrix, with bismuth (III) oxide dispersion, reinforced with carbon fiber, is an excellent option as compared to a lead plate. The composite plate can attenuate photon energy and does not present an acute or chronic danger to the environment or to health. Also, it is non-carcinogenic, and

does not cause reproductive toxicity, both clear advantages over lead. Finally, it should be noted that other applications of the composite would be production of an X-ray shield and aerospace industries, among others.

KEYWORDS: Epoxy composite, carbon fiber, bismuth oxide nanoparticles, gamma rays, radiation attenuation.

1 I INTRODUCTION

Currently, there has been growing interest in the use of bismuth and bismuth oxide for radiation protection applications, due to their unique properties, such as non-toxicity and high density. Radiation shielding materials incorporating Bi_2O_3 have been introduced to provide equivalent or greater attenuation compared to commercial lead-based or lead-free materials (e.g. $BaTiO_3$, Bi_2O_3, Br_2, $CaWO_4$, among others). Recently, polymers loaded with powdered metallic compounds, such as Bi_2O_3, Gd_2O_3, $BaSO_4$, among others, have been developed to take advantage of their potentially useful attenuating capabilities [1], [2], [3], [4].

However, research that considers the mechanical properties of the composite and the radiation attenuation of bismuth trioxide are needed, but before of make a laminate it is better execute a simulation about radiation attenuation of the composite with a dispersion with Bi_2O_3.

This study shows the results of simulation of radiation attenuation of the dispersion of the Bi_2O_3 in a composite with epoxy polymeric matrix, reinforced with carbon fiber.

2 I METHODOLOGY

For the simulation, the software Topas MC (version 3.7) [5] was used. It is a free distribution software, updated and user-friendly, which is based on the Monte Carlo method for simulating the interaction of radiation with matter [6]. There are several software that use the Monte Carlo methodology to simulate the interaction of radiation with material: ETRAN [7], ITS [8], EGS4 [9], PENELOPE [10], GEANT4 [11], MCNP6 [12], Topas [5], among others. Since all the mentioned software have the simulation results close to the results observed in practice, when photons are simulated.

For the simulation, a laminated plate measuring 100x100 mm was used, and the thickness of the laminate was 2.5, 5.0, 7.5 and 10 mm and such measurements were reproduced in practice and were determined due to the delimitation of the X-ray generator equipment [13].

The laminate of polymer matrix has 0.2 mm of carbon fiber. To finalize the thickness of the polymer matrix, epoxy resin is added with the dispersion of Bi_2O_3 to complete the total thickness of 2.5, 5.0, 7.5 and 10 mm. This separation between the polymeric matrix with dispersion and reinforcement is a simplification so that the simulation can be performed,

since, in practice, the carbon fiber and the polymeric matrix interact in a microscopic way.

To perform the simulation of radiation attenuation, provided by the composite object of this research study, the percentage of each chemical element present in such material must be calculated, such percentages are presented in the following paragraphs.

Furthermore, it is known that the average molar mass of the cross-linked epoxy resin is approximately equal to 115594 g.mol^{-1} [14]. That is, 24 chemical structures of epoxy resin bond with 4 chemical structures of amines thus forming the epoxy polymer matrix. This provides the following percentages: carbon 65.78%; oxygen 17.48%; Hydrogen 7.10% and nitrogen 0.14% [14], [15], [16]. Considering the dispersion percentages of bismuth trioxide (Bi_2O_3), object of this study and the composition for the production of the laminate, the percentages presented in Table 1 can be concluded.

Identification		Carbon (%)	Oxygen (%)	Hydrogen (%)	Nitrogen (%)	Silicic (%)	Bismuth (%)	Specific mass (g.cm^{-3})
A (Ep/FC)		73.40	18.37	6.92	0.14	1.17	X	1.21
Ep/FC/Bi_2O_3	B1	58.72	18.43	5.54	0.11	0.94	16.26	2.61
	B2	51.42	18.44	4.85	0.10	0.79	24.40	3.30
	B3	44.04	18.49	4.15	0.08	0.70	32.53	4.00
	B4	36.74	18.51	3.46	0.07	0.56	40.66	4.70

Table 1. Mass composition of the chemical elements of the composite with a polymer matrix of epoxy resin with dispersion of bismuth trioxide (Bi_2O_3) particles, reinforced with carbon fiber fabric (estimate).

In Table 1, it can be seen that the formulation B4 with 40% by mass of Bi_2O_3 dispersion can increase by 288%, approximately, the specific mass of the composite without such dispersion. However, such specific mass still shows approximately 58.6% smaller in relation to lead (11.34 g.cm^{-3}). It is of the metals widely used for radiological protection for photons.

For the simulation, a gamma radiation source was used. The energy of such photons ranged from 50 to 125 keV. The radiation source is a circle of radius 30 mm. For the simulation of the gamma rays generation, a Gaussian distribution was used and 500 histories were generated for that simulation.

The photon energy detection occurred on the 2 largest surfaces of the laminate. The energy of the incident photons was detected on the surface closest to the radiation source, and on the surface furthest from the source. The energy of the photons that had already interacted was detected with the polymer composite.

3 I RESULTS AND DISCUSSIONS

The Fig. 1 shows a comparison between the attenuation, result of computer simulation, of a 10 mm thick plate of the composite object of this research study without dispersion of Bi_2O_3 (Fig. 1 (a)); with dispersion of such oxide with a mass fraction of 40% (Fig. 1 (b)) and with a lead plate of 0.5 mm of thickness, customarily used in Personal Protective Equipment – PPE, that use such metal (Fig. 1 (c)), all with photons of 100 keV energy.

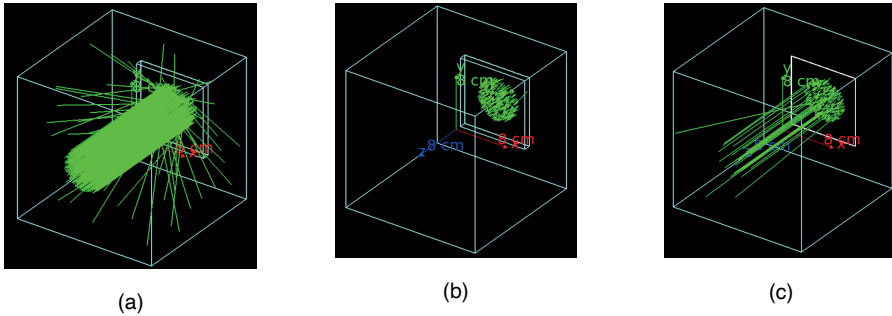



Fig. 1. Comparison between the attenuation, result of computer simulation, of a 10 mm thick epoxy composite reinforced with carbon fiber without (a) and with Bi_2O_3 dispersion (b), and 0.5 mm thick lead plate (c), all with photons energy of 100 keV.

The green lines shown in Fig. 1, represent the photon trajectory with 100 keV energy. It can be seen that the composite plate with Bi_2O_3 dispersion practically attenuates the photons, being more efficient than the lead plate.

An estimative of tenth value layers (TVL) and specific mass, is show in Fig. 2. The horizontal axis is the mass bismuth ration, and vertical left axis is the TVL and right is the specific mass.

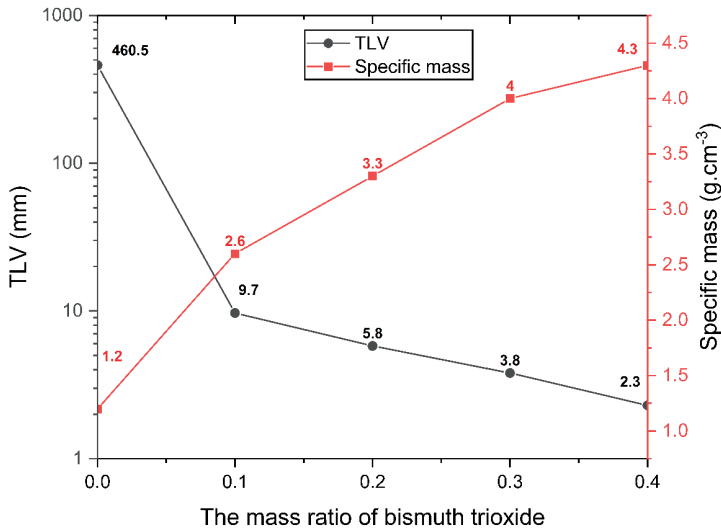



Fig. 2. Tenth value layers (TVL) and specific mass of composite epoxy with Bi_2O_3 dispersion and fiber plate in function of mass bismuth ration.

The mass ratios of the bismuth (III) oxide nanoparticles in the composite were approximately 0.163, 0.244, 0.325 and 0.407. The photon energy in the simulation was 100 keV, typical X-ray energy in Medical Imaging (Diagnostic Radiography). The mass ratio of 0.407 and the polymer matrix composite at a thickness of 2.29 mm provided 89.03% attenuation of the photon energy. However, for the lead plate, a thickness of 0.34 mm was necessary for similar attenuation.

The epoxy polymer composite with Bi_2O_3 dispersion and carbon fiber fabric, can be used as radiological protection for photons, such as X-rays, and such composite proves to be commercially attractive when compared to the lead (specific mass 11.34 $g.cm^{-3}$), metal customarily used for such radiological protection.

4 I CONCLUSIONS

The composite of an epoxy polymer matrix, with bismuth (III) oxide dispersion, reinforced with carbon fiber, is an excellent option as compared to a lead plate. The composite plate could attenuate photon energy and does not present an acute or chronic danger to the environment or to health. Also, it is non-carcinogenic, and does not cause reproductive toxicity, both clear advantages over lead. Therefore, the applications of the composite could be in the production of an X-ray shield and aerospace industries, among others.

The mass ratio of 0.407 (Bi_2O_3 nanoparticles) and the epoxy composite at a thickness

of 2.29 mm provided 89.03% attenuation of the photon energy (100 keV). So, the production of a polymer composite with an epoxy matrix and bismuth (III) oxide dispersion, reinforced with carbon fiber fabric is an innovation. In addition to the simulation, it is necessary to reproduce such a simulation in practice.

CREDIT AUTHOR STATEMENT

Pedro Marcio Munhoz: Conceptualisation; Methodology; Formal Analysis; Writing – original draft. **Fernando Codelo Nascimento:** Resources; Writing – review. **Leonardo G. A. Silva:** Resources; Writing – review. **Bruno Caravelas Gary:** Resources; Writing – review. **Wilson Aparecido Parejo Calvo:** Resources; Supervision; Writing – review.

DECLARATION OF COMPETING INTEREST

A competing interest statement is provided, even if the authors have no competing interest, it is necessary to declare as follow: The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

[1] J.P. McCaffrey, F. Tessier, H. Shen, Radiation shielding materials and radiation scatter effects for interventional radiology (IR) physicians, *Medical Physics*. 39, p. 4537–4546, 2012.

[2] G. Gershony, G. Weisz, M. Mooney, B. Katzen, Novel Lead-Free Lightweight Radiation Attenuating Material for Interventional Procedures., *Journal of Vascular and Interventional Radiology*. 22, 2011.

[3] L.L.B.L. Marques, *Desenvolvimento de formulação com óxido de bismuto*, PhD Thesis, 2018.

[4] Y. Yao et al, Investigation of gamma ray shielding efficiency and mechanical performances of concrete shields containing bismuth oxide as an environmentally friendly additive, *Radiation Physics and Chemistry*. 127, p. 188–193, 2016.

[5] J. Perl et al, TOPAS: an innovative proton Monte Carlo platform for research and clinical applications, *Medical Physics*. 39, p. 6818–6837, 2012.

[6] H. Yoriyaz, Método de Monte Carlo: princípios e aplicações em Física Médica, Revista *Brasileira de Física Médica*. 3, p. 141–149, 2009.

[7] S.M. Seltzer, An overview of ETRAN Monte Carlo methods, Monte Carlo *Transport of Electrons and Photons*, p. 153–181, 1988.

[8] J.A. Halbleib et al, ITS: the integrated TIGER series of electron/photon transport codes-Version 3.0, IEEE *Transactions on Nuclear Science*. 39, p. 1025–1030, 1992.

[9] W.R. Nelson, H. Hirayama, D.W. Rogers, EGS4 code system, Stanford Linear Accelerator Center, Menlo Park, CA (USA), 1985.

[10] F. Salvat, J.M. Fernandez-Varea, J. Baro, J. Sempau, PENELOPE, and algorithm and computer code for Monte Carlo simulation of electron-photon showers, 1996.

[11] S. Agostinelli et al, GEANT4—a simulation toolkit, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*. 506, p. 250–303, 2003.

[12] J.T. Goorley at al, Initial MCNP6 release overview-MCNP6 version 1.0, Los Alamos National Lab. (LANL), Los Alamos, NM (United States), 2013.

[13] M. Savi, D. et al, Study on attenuation of 3D printing commercial filaments on standard X-ray beams for dosimetry and tissue equivalence, *Radiation Physics and Chemistry*. 182, p. 109365, 2021.

[14] C.A. Jacobs et al, Aplicação do método de Barrett ao estudo da reação de cura de sistema epóxi com hidroxipropilcelulose, *Salão de Iniciação Científica* (10.: 1998: Porto Alegre). Livro de Resumos. Porto Alegre: UFRGS, 1998. (https://lume.ufrgs.br/handle/10183/88532), accessed 8 august 2021.

[15] K.I. Milagres, R.J.S. Rodriguez, *Formulação e caracterização de um material polimérico com memória de forma*, UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO – UENF, CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ:, 2015.

[16] Guidechem, EINECS 220-666-8 *Isophorone diamine* 2855-13-2 Reach data, (2021). (https://www.guidechem.com/products/2855-13-2.html), accessed 17 september 2021.

CAPÍTULO 9

SISTEMA ROBÓTICO COLABORATIVO ENFOCADO A TAREAS DE EXPLORACIÓN Y RESCATE

Data de aceite: 01/11/2023

Aguilera Hernández Martha Isabel
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo

José Antonio Rodríguez Cano
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo

Aguilera Hernández Raúl Francisco
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo

Alberto de Jesús Andrade Jiménez
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo

Olivares Caballero Daniel
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo

RESUMEN— En este artículo se presenta un sistema robótico colaborativo para tareas de exploración y rescate. Consiste en un robot principal con capacidades de movimiento que puede usarse en terrenos no convencionales como escombros de terremotos. El robot principal tiene comunicación con un humano que está instalado en un lugar seguro. El robot cuenta con una cámara con un software de reconocimiento de imágenes que permite enviar imágenes al humano para la toma de decisiones. Además, contiene un software de mapeo para rastrear todo el movimiento realizado. El robot principal cuenta con un conjunto de sensores que le permiten enviar datos de temperatura, nivel de CO2, humedad y luz. Un pequeño robot se coloca dentro del robot principal. Este robot tiene la misma capacidad de sensores que el robot principal. Este robot también está en comunicación con el humano. El objetivo principal de este robot es que se puede utilizar para meterse entre los escombros. Al ser pequeño le permite entrar en lugares a los que el robot principal no tendría acceso. Este documento pretende mostrar la forma en la que funciona el sistema robótico. También muestra la concepción de ideas, prototipos y su construcción.
PALABRAS CLAVE – Robot principal, colaborativo, robot de exploración, robot de rescate

ABSTRACT— In this article, a collaborative robotic system is presented for exploration and rescue tasks. It consists of a main robot with movement capabilities that can be used in non-conventional terrains like earthquake debris. The main robot has communication

with a human that is installed in a safe place. The robot has a camera with an image recognition software that enable to send images to the human for decision making. Also, has a mapping software to trace all the movement made. The main robot has a set of sensors that allow to send data of temperature, level of CO2, humidity, and light. A small robot is place inside the main robot. This robot has the same sensors capability as the main robot. This robot is also in communication with the human. The main purpose of this robot is that it can be used to get into the debris. Being small allows it to enter places that the main robot would not have access to. This document aims to show the way in which the robotic system works. Also shows the conception of ideas, prototypes, and its construction.

1 I INTRODUCCIÓN.

El advenimiento de la aplicación de los conceptos de industria 5.0 enfatiza que debe estar centrado en el humano además de ser sostenible [10], ha proporcionado directrices para incorporar opciones en el diseño de proyectos. Una de las áreas de aplicación es la implementación de sistemas para exploración y rescate en zonas de desastre. Cuando se presentan los desastres, gran parte de los escombros constituyen ambientes inseguros para ser explorados por el ser humano. Por esta razón, la aplicación de la robótica móvil como un medio de exploración de este tipo de ambientes se ha generalizado. Hay proyectos muy amplios como el desarrollado por Kruijff y su equipo [4], en el cual se presenta un sistema inteligente que cuenta con un robot principal y un dron. El cual en conjunto están retroalimentando la información de mapeo para usuario usando inteligencia artificial. En este trabajo se presenta un sistema para exploración y rescate en zonas de desastre o zonas de difícil acceso para el ser humano. Estas áreas de difícil acceso pueden ser también cuando el desastre es producido por el humano, como el manejo de la basura. El sistema propuesto consta actualmente de un robot principal y dos robots colaborativos pequeños los cuales al iniciar la búsqueda se encuentran dentro del robot. Conforme se avance en la exploración y el robot principal detecte zonas en las cuales le es imposible el acceso por su tamaño, puede entonces realizar la salida de los robots pequeños exploradores. El robot principal cuenta con un sistema sensorial para detectar C02, % de iluminación, cámara, detección de distancia y mapeo. Los robots pequeños colaborativos cuentan con el mismo sistema sensorial, los cuales son retroalimentados a los usuarios humanos situados fuera del área de peligro.

El presente artículo presenta los avances del proyecto en curso sobre el desarrollo de un sistema robótico colaborativo para ser utilizado en aplicaciones de exploración y rescate. Este trabajo presenta lo siguiente:

a) El diseño de los prototipos robóticos móviles para ser parte del sistema con comunicación con el ser humano experto local y a la vez, comunicarse con expertos externos al área.

b) El efecto de la retroalimentación del sistema sensorial de cada robot para

la toma de decisiones por parte de los expertos. Así como identificar tiempo de respuesta para que el robot reciba las acciones de control que le permitan realizar los movimientos acordes a la situación que se le presente.

c) La consideración de sostenibilidad en la decisión de los componentes que conforman los robots del sistema.

En el presente documento se detalla la evolución del proyecto, que inició con un solo prototipo enfocado a tareas de rescate a un sistema con robots colaborativos que permiten el acceso a lugares más pequeños en zonas de desastre o ambientes de difícil acceso para el ser humano.

2 I EVOLUCIÓN DEL DISEÑO CONCEPTUAL DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA.

El robot principal del sistema robot explorador y de rescate ha pasado por tres fases que se muestran en la figura 1. Se puede identificar como inicio el desarrollo del concepto de prototipo que pueda moverse en terrenos disparejos. En el trabajo realizado por este equipo en los años anteriores [1], se enfocó a obtener un prototipo que pudiera adaptar su movimiento a diferentes tipos de terrenos, así como la de subir y bajar escaleras.

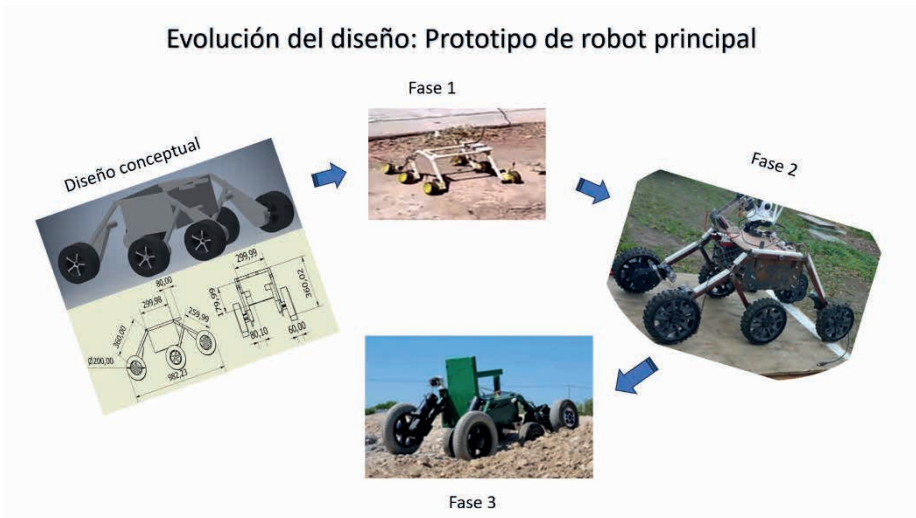



Figura 1: Fases de evolución del prototipo principal

La primera parte del diseño del sistema colaborativo en conjunto se enfocó al diseño de un prototipo robot principal, para analizar su desempeño en el movimiento en diferentes superficies, así como en escalera. Este robot fue implementado inicialmente con materiales reutilizados de PVC y cartón corrugado (figura 1, fase1). Este robot cuenta con seis ruedas, en cada una de ellas utiliza motores DC de 3V. Esto permite que cada motor pueda ser controlado independientemente y se adapten a más puntos en la superficie sobre la que se

desplace el prototipo. En este diseño se pudo observar que el mecanismo de movimiento permite al prototipo-robot adaptarse a terrenos disparejos sin perder la estabilidad. A pesar de tener un centro de masa alto, no presentó problemas de movilidad en las pruebas a las que fue sometido como terreno disparejo y subida y bajada de escalera. La figura 2, presenta los resultados del robot en la prueba de movimiento en escalones.

30cm.

ROBOT (Fase 1)			
Escalones alcanzados al subir.	Tiempo del recorrido de subida.	Escalones realizados de bajada.	Tiempo del recorrido de bajada.
3	20 segundos.	3	12 segundos.

Altura de cada escalón: 15 cm.

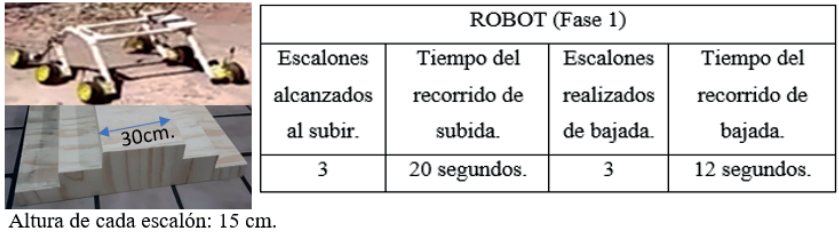



Figura 2: Resultados de prueba de movimiento en escalera

La implementación de este prototipo (fase 1) comprobó la viabilidad del control de movimiento del prototipo tanto de forma autónoma como de forma remota. Con estos resultados se procedió a la fase 2 de diseño. Se sustituyó PVC ya que no es factible para la aplicación de zonas de desastre debido a que no puede resistir impactos, además el prototipo debe ser capaz de cargar elementos de primeros auxilios como agua y medicinas. Así que se requería que el material del robot fuera más resistente. Para la fase 2, se utilizó material Perfil Estructural de ¾" (PTR), que es un material metálico cuadrado hueco con alta resistencia. Los elementos para implementación del prototipo de la fase 2 se muestra en la figura 3.

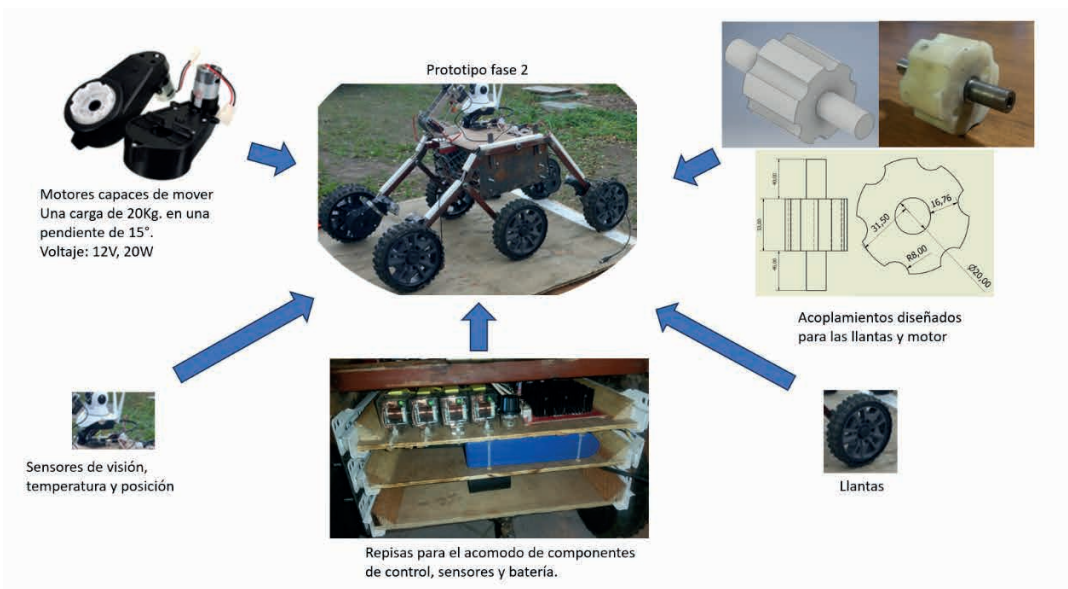



Figura 3: Elementos de la implementación del prototipo de la fase 2

El prototipo resultado de la fase 2 permite un espacio y una robustez para el montaje de componentes, como lo son brazos robóticos, sensores, módulos de control y sistemas de visión. El compartimento se diseñó de modo que estuviera protegido ante impactos. En resumen, en el prototipo de la fase 2 se resaltan los siguientes aspectos:

- El prototipo cuenta con seis ruedas con sus motores controlados independientemente. Esto permite la adaptación en más puntos en la superficie de desplazamiento.
- Se cuenta con un mecanismo de escuadras frontales con cuatro llantas en sus extremos finales. Las escuadras tienen un movimiento independiente que permite a la estructura mecánica adaptarse a la forma del obstáculo sobre el que se desplaza. Se tiene un tercer grado de libertad con un movimiento independiente en una lateral de la estructura mecánica. Este movimiento permite al prototipo una estabilidad en ambas secciones laterales. Las uniones de las articulaciones con movimiento independiente están unidas por medio de baleros entre cada escuadra.
- La estructura cuenta con unas repisas con rieles para la circuitería, baterías, controladores y módulos de potencia. También el diseño permite el posicionamiento de un brazo robótico y el sistema de visión. La implementación de rieles en las repisas permite el acceso a componentes de una forma más rápida.
- Del análisis de los componentes del prototipo se obtuvo que la estructura mecánica tendría un peso aproximado de 20 kilogramos y las ruedas requeridas tuvieran un radio de 11 centímetros. Por lo que se seleccionaron los motores que se muestran en la figura 3.
- Para el control de giro de los motores se optó por una configuración de puente H con relevadores de potencia utilizados por los automóviles. Los relevadores utilizados son de 40 amperes a 12 volts, equivalente a 480 watts de potencia. El PWM utilizado fue el XY-1260.

Pruebas del prototipo de la fase 2

PRUEBA: SUBIR ESCALERAS	
	Tiempo del recorrido del robot (subir 5 escalones completos).
Tiempo promedio.	31.6 segundos.

PRUEBA 1. TERRENO LISO	
	Tiempo del recorrido del robot (distancia de 5 metros horizontales).
Tiempo promedio.	8.4 segundos.
Velocidad promedio.	0.59 m/seg
PRUEBA 2. TERRENO ESCABROSO	
	Tiempo del recorrido del robot (distancia de 5 metros horizontales).
Tiempo promedio.	9.4 segundos.
Velocidad promedio.	0.53 m/seg
PRUEBA 3. TERRENO ARENOSO	
	Tiempo del recorrido del robot (distancia de 5 metros horizontales).
Tiempo promedio.	10.3 segundos.
Velocidad promedio.	0.48 m/seg

Figura 4: Resultados de las pruebas del prototipo de la fase 2

Los resultados de las pruebas de movimiento del robot se muestran en la figura 3. En estas tablas se pueden ver los tiempos promedio del movimiento del prototipo en tres tipos de terreno: Liso, escabroso y arenoso. La distancia del recorrido fue de 5 metros. Se tiene que la velocidad promedio considerando las tres pruebas es de 0.53m/seg. De los resultados se observa que el prototipo es más veloz cuando se desplaza sobre superficies lisas ya que requiere poco esfuerzo para adaptarse o moverse. Sin embargo, cuando éste se mueve a través de otros tipos de terrenos, las pruebas muestran una disminución del 10.17% (terreno escabroso) y 18.64% (terreno arenoso) en comparación con la velocidad que presenta en terrenos lisos. También se realizó la prueba con recorrido en escalera con 5 escalones. En esta prueba cada escalón tiene una altura 16 cm. y un paso de 25 cm. El tiempo promedio para subir los 5 escalones fue de 31.6 seg. Los resultados de estas pruebas mostraron la viabilidad del movimiento del prototipo en diferentes tipos de terrenos y ambientes. También, de estas pruebas, se pudo constatar que el prototipo requería una robustez cuando se tratara de ambientes reales de desastre. La observación de la tracción necesaria para poder mover el prototipo en esta fase fue aceptable, pero estaba limitado en peso. En casos de desastre se requiere que el robot sea capaz de cargar kits de emergencia por lo que se dio la tarea de implementar el diseño ya probado de la fase 2, en un robot que tuviera más capacidad de carga.

El prototipo implementado en la fase 3, se muestra en la figura 5. Este prototipo está

basado en su diseño en los prototipos de las fases 1 y 2. Se utilizaron 4 motores PIHSIANG de 24V de corriente directa, baterías de carro, y cable calibre 12 de uso rudo de 2 hilos.

Figura 5: Prototipo de la fase 3

Este prototipo fue implementado para cumplir con los estándares propuestos por el torneo de robótica “robocup rescue”. Se realizaron las pruebas de movimiento en los cuales se comprobó la eficiencia del diseño del mecanismo del prototipo. Ejemplo de las pruebas realizadas se muestran en la figura 6.

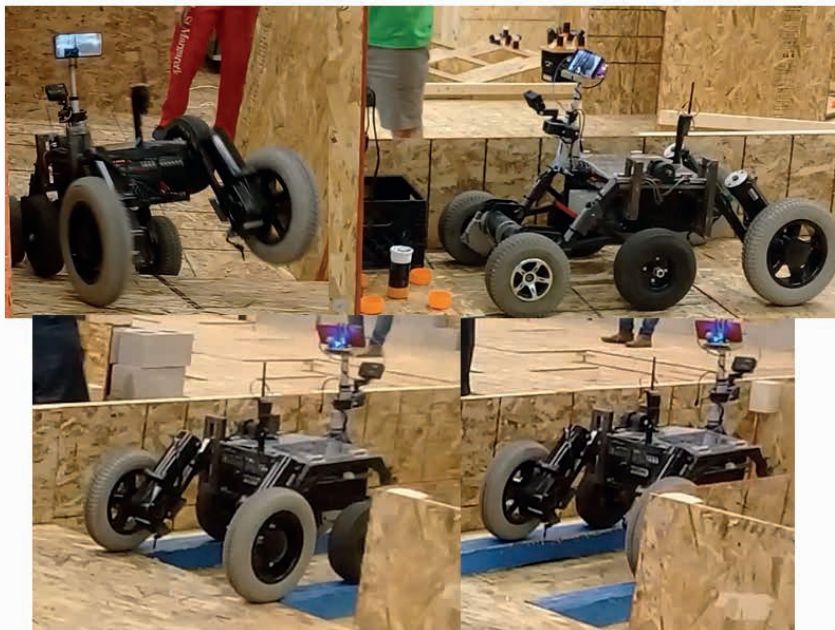



Figura 6: Pruebas del robot de la fase 3 en la competencia “robocup rescue major”

El prototipo de la fase 3, tiene incorporado un sistema sensorial para realizar la visión remota (cámara), la detección de temperatura, posición y CO_2.

3 I SISTEMA COLABORATIVO CON ROBOT PRINCIPAL

Para poder incorporar mejoras en el prototipo 3, se realizaron análisis de los rescates realizados en desastres reales. Uno de los puntos detectados es la viabilidad del robot de poder llegar a diferentes lugares en los desastres. El robot de esta fase 3, tiene las capacidades de moverse en terrenos disparejos, pero tiene la desventaja de su tamaño. Por lo que se realizó la meta de incorporar prototipos pequeños colaborativos que pudieran entrar en los lugares en los cuales el robot principal no tiene acceso por su tamaño. El sistema propuesto se muestra en la figura 7. Consta de un robot principal y un robot auxiliar de menor tamaño. Cada uno de ellos cuenta con un sistema sensorial que les permite tomar información del ambiente en el cual se encuentran. Se tienen sensores de temperatura, CO2, humedad, luz, distancia, cámara para video y para reconocimiento de imágenes. En el campo de reconocimiento, se utilizan los microcontroladores el ESP32 CAM y el ESP32 WROOM. La cámara Sony Ipela HD, envía información de video de forma remota directamente a la computadora.

Todo el sistema se encuentra en comunicación remota con un equipo humano experto. El equipo humano experto cuenta con usuarios que se encargan del movimiento de los robots. Estos robots realizan su movimiento de acuerdo con las decisiones del equipo experto situado ya sea local o remoto. Esto permite en caso de desastres, en los cuales los expertos no pueden trasladarse a la zona de forma inmediata, pueden ayudar en la toma de decisiones basándose en la información que el sistema robótico de rescate le provee.

Sistema robótico colaborativo propuesto

SISTEMA SENSORIAL
Temperatura
CO2
Humedad
Luz
Distancia
Cámara con software

Robot principal

Robot auxiliar 1

Comandos de control
De movimiento para los
robots

Comunicación con humano en tiempo real
Toma de decisiones
(experto local y/o remoto)

Comunicación con humano
Forma Remota
experto

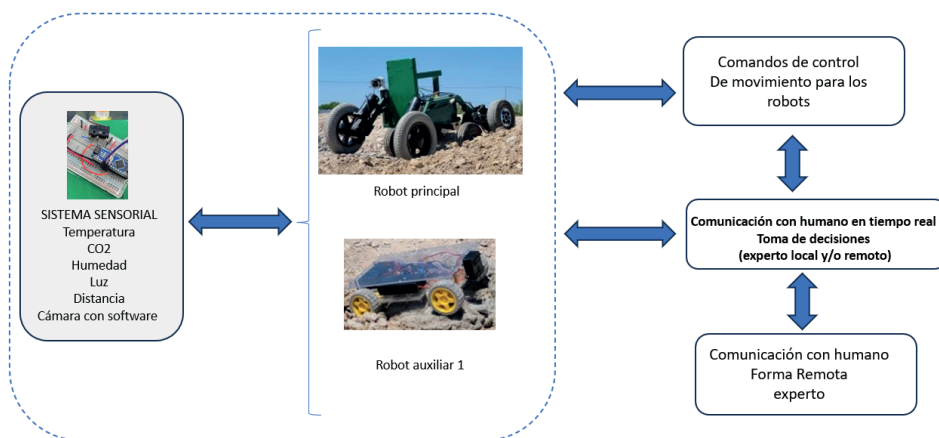



Figura 7: Sistema robótico colaborativo propuesto en este trabajo

El robot prototipo de la fase 3, fue modificado ya que se le añadió un área para almacenar en su interior al robot colaborativo auxiliar. También se le colocó una rampa que es controlada de forma remota para despliegue del robot auxiliar. Las modificaciones se

muestran en la figura 8. La rampa fue hecha con madera con un mecanismo de polea para el levantamiento de la rampa.

Figura 8: Prototipo de la fase 3 modificado con robot auxiliar colaborativo

El material que se usó para el prototipo de robot colaborativo auxiliar fue acrílico reutilizado. Para el sistema de movimiento se utilizó el driver L298N que controla cuatro motores reductores de 6V de corriente directa. El prototipo implementado se muestra en la figura 9.

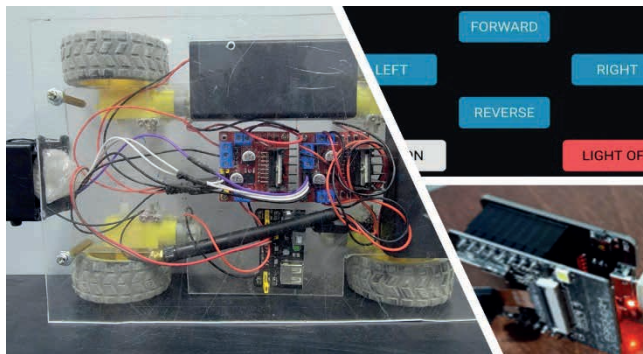



Figura 9: Prototipo de robot auxiliar colaborativo del sistema propuesto

Actualmente, se está incluyendo en el prototipo un sistema de recarga mecánica de energía. Es decir que las baterías se recarguen conforme el prototipo realice el movimiento. Esto extendería el tiempo de trabajo del prototipo antes de solicitar una recarga de batería. El prototipo actual manda una señal cuando tiene la batería suficiente para llegar a su posición inicial de despliegue.

Figura 10: Sistema robótico colaborativo

4 l CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó la evolución del diseño de un sistema de robots colaborativos para tareas de exploración y rescate. Los prototipos implementados son ejemplos de mecanismos asistenciales para el ser humano. También la incorporación de opción para que un usuario experto pueda intervenir en las decisiones de movimiento del robot para que la información que éste proporcione ayude a la actividad de rescate o exploración. Esto es muy importante, ya que conocer el ambiente en el cual se llevará a cabo el rescate es primordial para la toma de decisiones que permitan llevar a cabo estas actividades de manera mas segura para el ser humano. En la construcción de los prototipos se ha tomado en cuenta la sustentabilidad. Una parte de los materiales implementados en los robots han sido partes reutilizadas. Esto ha permitido que el costo de implementación de los prototipos no sea tan alto, pero conservando la viabilidad de su desempeño.

El presente proyecto pretende atender situaciones en las que el ambiente debido a desastres, presentan gran aleatoriedad y alto riesgo para el ser humano. La meta es lograr un conjunto de robots auxiliares que colaborando entre si puedan retroalimentar de forma rápida la situación o estado del ambiente al cual han sido enviados a explorar.

REFERENCIAS

[1] Aguilera M., Algarín A. et al, "Diseño e implementación de estructura móvil enfocada a un robot de rescate", Entre ciencia e Ingeniería 4, 2022 Atena Editora.

[2] Surbhi, Swathi Priya, Sowandarya, "Rescue Robot-A Study", International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, Vol. 3, Special Issue 3, April 2014.

[3] Murphy R. "Human-robot interaction in rescue robotics", IEEE transactions on systems, man and cybernetics, mayo 1,2004.

[4] Geert-Jan M. Kruijff, “Designing Intelligent Robots for Human-Robot Teaming in Urban Search & Rescue”, AAAI Spring Symposium 2012.

[5] Hermann L., “RobotIO: A Python Library for Robot Manipulation Experiments”, ResearchGate, Julio 2022.

[6] Atsushi Sakai, “PythonRobotics: a Python code collection of robotics algorithms”, ARXIV, Agosto 2018.

[7] Siegwart Roland, Reza Nourbakhsh, “Introduction to Autonomous Mobile Robots (Intelligent Robotics and Autonomous Agents)”, 2da. Edición, MIT 2011.

[8] McComb G., “Constructing Robot Bases”, Robot DNA Series. Mc. Graw Hill, 2004.

[9] Aguilera Hdz; et al. “Evolución del diseño de un sistema de recolección de basura utilizando manufactura aditiva en un robot limpiador de playa”, Revista de Ingeniería Tecnológica, septiembre, 2019 Vol.3 No.11 23-28.

[10] European Commision, “Industry 5.0”, https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50_en.

[11] Saputra Roni et al., “ResQbot 2.0: An Improved Design of a Mobile Rescue Robot with an Inflatable Neck Securing Device for Safe Casualty Extraction”, Applied Sciences, 10 June 2021.

[12] Hermann Lucas et al. “RobotIO: A Python Library for Robot Manipulation Experiments”, ArXiv, 27 de julio del 2022.

[13] Matthies Denys et al., “LoomoRescue: An Affordable Rescue Robot for Evacuation Situations”, Segway, 2021.

[14] Ning Meng et al, “Design and analysis for a multifunctional rescue robot with four-bar wheel-legged structure”, Sage, Advances in Mechanical Engineering 2018, Vol. 10(2) 1–14

[15] Sudha S et al., “Rescue Robot for Human Detection”, International Journal of Research Publication and Reviews Vol(2) Issue (7) (2021) Page 1046-1049.

MAPEAMENTO DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÕES EM SANTA CATARINA

Data de aceite: 01/11/2023

Diego Milnitz
UFPR

Mônica Maria Mendes Luna
UFSC

RESUMO: a indústria têxtil e de confecções brasileira é considerada um dos setores indústrias mais importantes, sendo referência mundialmente, entretanto, tem apresentado diversas dificuldades, frente ao desempenho da economia nacional e a complexidade das diversas empresas que compõem sua cadeia de suprimentos. Este artigo realiza uma caracterização das principais empresas que compõem a cadeia de suprimentos têxtil e de confecções no estado de Santa Catarina, bem como dos seus parceiros de negócio e produtos comercializados. Com base em uma revisão da literatura de trabalhos sobre a indústria têxtil e de confecções e em dados secundários obtidos nas bases de dados nacionais do Ministério do Trabalho e Emprego brasileiro e na Secretaria do Comércio Exterior brasileiro, a cadeia de suprimentos da indústria têxtil e de confecções é descrita e caracterizada em função do tamanho das empresas e os volumes de produção que permitem estimar os fluxos de materiais desta indústria no estado de Santa Catarina e, mais especificamente, na mesorregião do Vale do Itajaí, permitindo assim uma melhor compreensão dessa cadeia de suprimentos e da sua importância econômica para o estado e país.
PALAVRAS-CHAVE: cadeia de suprimentos; têxtil; confecções; caracterização da cadeia.

1 I INTRODUÇÃO

A indústria têxtil e de confecção brasileira tem se destacado no cenário mundial, não apenas por seu profissionalismo, criatividade e tecnologia, mas também pela dimensão do seu parque produtivo: é a quinta maior indústria têxtil do mundo e a quarta maior em confecção de artigos de vestuário (ABIT, 2016). Contudo, nos últimos anos tem-se observado que a sua produção vem caindo, tanto para manufaturados têxteis quanto nas confecções de artigos de vestuário (ABIT, 2016). Um dos motivos está relacionado com a própria deficiência na gestão dessa

cadeia, que é altamente complexa (SARDAR e LEE, 2012; MAHMOOD e KESS, 2015). Toda essa complexidade que prejudica sua gestão, também torna o processo de produção e distribuição demorado, imprevisível e pouco competitivo (CAO *et al.*, 2008).

Além disso, tem-se verificado que poucos estudos foram realizados com o intuito de discutir assuntos relacionados com a sua cadeia de suprimentos, por conseguinte sobre sua própria estrutura (ROCHA *et al.*, 2008; KIECKBUSCH, 2010; BEZERRA *et al.*, 2014; ABIT, 2016). Rajput e Bakar (2011) afirmam que poucas tentativas foram realizadas para investigar a cadeia de suprimentos têxtil e de confecção. Sardar e Lee (2012) destacam a necessidade de clarificar os conceitos sobre a cadeia de suprimentos nesse setor industrial. Para isso, é fundamental ter o conhecimento explícito e a compreensão de como a cadeia de suprimentos está estruturada (LAMBERT, 2014; GEREFFI e FERNANDEZ-STARK, 2016; LAMBERT E ENZ, 2017).

Diante deste contexto, este artigo tem como objetivo a caracterização da indústria têxtil e de confecções do estado de Santa Catarina em específico da mesorregião do Vale do Itajaí, mostrando os principais elos da cadeia de suprimentos, seus parceiros de negócio e produtos comercializados. Para isso, realiza uma revisão da literatura de trabalhos sobre a indústria têxtil e de confecções e em dados secundários retirados das bases de dados do Ministério do Trabalho e Emprego brasileiro e da Secretaria do Comércio Exterior, onde essa cadeia é descrita e caracterizada em função do tamanho das empresas e os volumes de produção no estado de Santa Catarina e, mais especificamente, na mesorregião do Vale do Itajaí, mostrando a importância das empresas para economia do estado e da região pesquisa.

Assim, além dessa introdução, o artigo apresenta os procedimentos metodológicos na seção dois, apresenta a caracterização da cadeia de suprimentos têxtil e de confecções na seção três, as discussões da pesquisa na seção quatro e, por fim, traz as considerações finais da pesquisa e sugestões de trabalhos futuros.

2 | METODOLOGIA DA PESQUISA

O presente artigo caracteriza-se, em termos de metodologia, como um trabalho exploratório, com enfoque qualitativo e quantitativo. Com relação ao enfoque qualitativo faz uma análise de literatura e utiliza uma revisão das publicações relacionadas com o setor industrial têxtil e de confecções para construir as bases conceituais sobre o tema da pesquisa. No enfoque quantitativo aplica a análise documental e utiliza a estatística descritiva por meio de um levantamento de dados nas bases nacionais do Ministério do Trabalho e Emprego brasileiro e na Secretaria do Comércio Exterior, com o intuito de caracterizar a indústria têxtil e de confecções pertencente a cadeia de suprimentos desse setor industrial. Um método de pesquisa distribuído em quatro etapas principais, que são: revisão da literatura, levantamento de dados, análise dos dados e resultados.

Inicialmente foi realizada uma revisão de literatura em periódicos, sites, revistas e livros específicos da área têxtil e de confecções com o intuito de desenvolver as bases conceituais sobre o tema da pesquisa, bem como possibilitar o desenvolvimento teórico sobre a estrutura da cadeia de suprimentos desse segmento industrial.

Após o estudo e desenvolvimento teórico sobre o tema de pesquisa, foi realizado o levantamento dos dados e informações sobre a indústria têxtil e de confecção, por meio de pesquisas em bases de dados nacionais do Ministério do Trabalho e Emprego brasileiro (RAIS - Relação Anual de Informações Sociais) e na Secretaria do Comércio Exterior (ALICE WEB - Análise das Informações de Comércio Exterior), onde foram possíveis obter os dados sobre quantidade e tipos de produtos importados e exportados, quantidade de empresas e funcionários na região do Brasil, no estado de Santa Catarina e na mesorregião do Vale do Itajaí.

Com os dados obtidos foi realizada a uma revisão e análise desses dados por meio de estatística descritiva a fim de possibilitar sua utilização na pesquisa, esta etapa resultou no desenvolvimento de tabelas, gráficos e esquemas que explicam de forma resumida como a indústria têxtil e de confecções vem se comportando atualmente.

Finalmente, a partir da apresentação dos dados da pesquisa, e da construção das bases teóricas, foram realizadas as discussões sobre a caracterização da cadeia e a situação atual da indústria têxtil e de confecções no estado de Santa Catarina em específico na mesorregião do Vale do Itajaí.

3 I MAPEAMENTO DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÕES

O mapeamento da indústria têxtil e de confecções tem como objetivo mostrar a importância desse setor industrial bem como sua distribuição em termos de quantidade empresas e funcionários, principais parceiros e produtos comercializados no Brasil, no estado de Santa Catarina, e em específico na mesorregião do Vale do Itajaí.

Para isso, primeiramente foram levantados dados relativos a indústria têxtil e de confecção brasileira e o mercado internacional, mostrando que essa indústria está posicionada entre as maiores do mundo sendo quinta colocada na produção de têxteis e a quarta na produção de confecções. Entretanto, diante as dimensões continentais do Brasil, grande parcela da sua produção acaba ficando no próprio país e, como reflexo, sua participação no comércio mundial é muito pequena (ABIT, 2016).

Pode-se afirmar que os principais parceiros brasileiros tanto para o fornecimento (exportações) como para a compra de produtos (importações) estão concentrados em poucos países. No fornecimento de produtos têxteis e de confecção os grandes parceiros são: a Argentina, os Estados Unidos e a China este último país ainda é um grande fornecedor de produtos para o Brasil, assim como Índia e Indonésia. Da mesma forma o estado de Santa Catarina tem como principais parceiros de exportação Argentina, Paraguai, México e

Estados Unidos e como fornecedores a China, Índia e Indonésia (Tabela 1).

Brasil						Santa Catarina					
Exportações			Importações			Exportações			Importações		
Nº	País	%	Nº	País	%	Nº	País	%	Nº	País	%
1	Argentina	20,40%	1	China	48,70%	1	Paraguai	20,60%	1	China	45,46%
2	USA	16,20%	2	Índia	12,00%	2	México	16,42%	2	Indonésia	18,53%
3	China	9,30%	3	Indonésia	10,60%	3	Argentina	14,93%	3	Índia	14,59%
4	Uruguai	6,80%	4	Taiwan	3,50%	4	USA	11,57%	4	Vietnã	4,21%
5	Paraguai	5,20%	5	Coreia do Sul	2,70%	5	Uruguai	7,40%	5	Taiwan	3,39%
6	México	5,10%	6	Vietnã	2,70%	6	Bolívia	4,73%	6	Tailândia	2,42%
7	Venezuela	4,00%	7	Argentina	2,00%	7	China	2,60%	7	Coreia do S.	2,00%
8	Colômbia	3,20%	8	Bangladesh	1,90%	8	Colômbia	2,59%	8	Turquia	1,57%
9	Portugal	3,10%	9	Tailândia	1,90%	9	Peru	2,32%	9	Bangladesh	1,18%
10	Peru	2,80%	10	USA	1,70%	10	Chile	0,82%	10	Malásia	1,16%

Tabela 1 - Exportações e importações de produtos têxteis e de confecção por país.

Fonte: Desenvolvido pelo autor com base nos dados extraídos na MDIC - Sistema ALICEWEB.

Além dos principais países para onde a indústria têxtil e de confecção exporta e importa seus produtos, pode-se afirmar que o país é um grande fornecedor de fibras têxteis, cerca de 85% do total de produtos exportados, principalmente de fibras de algodão, com cerca de 94% do total exportado. Os produtos importados estão bem distribuídos tendo como os principais: i) filamentos com 25%, destes cerca de 80% são filamentos de poliéster; ii) tecidos com 22%, destes cerca de 42% são tecido sintéticos; ii) confecções com 16%, destes 74% são produtos de vestuário (Tabela 2).

EXPORTAÇÕES			IMPORTAÇÕES		
Descrição	Toneladas	%	Descrição	Toneladas	%
Fibras Têxteis	**887.388**	**85,2%**	**Fibras Têxteis**	**113.384**	**10,0%**
Algodão	834.551		Poliéster	54.505	
Filamentos	**9.822**	**0,9%**	Acrílico	**12.574**	
Elastano	6.656		Viscose	12.166	
Poliamida	2.071		**Fios**	173.363	15,3%
Fios	**10.239**	**1,0%**	Artificiais e Sintéticos	**159.550**	
Rami	6.787		**Filamentos**	278.245	24,6%
Algodão	1.560		Poliéster	223.450	
Linhas de Costura	**740**	**0,1%**	**Tecidos**	**252.907**	**22,3%**
Filamentos Sintéticos	595		Filamentos	116.223	
Fibras Sint. Descontínuas	107		Malha	80.414	
Tecidos	**35.226**	**3,4%**	Fibras Descontínuas	**37.415**	
Algodão	22.514		**Linhas de Costura**	975	0,1%

Malha	5.631		Filamentos Sintéticos	507	
Filamentos	5.004		Algodão	262	
Confecções	**9.407**	**0,9%**	**Confecções**	**174.300**	**15,4%**
Vestuário	3.222		Vestuário	129.300	
Roupa de cama, mesa e banho.	3.057		Roupa de cama, mesa e banho.	18.703	
Outras Manufaturas	**88.108**	**8,5%**	**Outras Manufaturas**	**139.379**	**12,3%**
Feltros, não tecidos, etc.	69.727		Feltros, não tecidos, etc.	50.866	
Tecidos especiais, rendas, bordados, etc.	8.527		Tecidos impregnados, uso técnico.	49.160	

Tabela 2 – Exportações e importações da indústria têxtil e de confecção brasileira por produto.

Fonte: Desenvolvido pelo autor com base nos dados extraídos na MDIC - Sistema ALICEWEB.

Com relação à caracterização da indústria têxtil e de confecção brasileira, observa-se que a região sul do país está entre as mais relevantes pela distribuição percentual das empresas e funcionários, representando cerca de 29% do total das empresas dessa indústria no Brasil. Destas, cerca de 18% são empresas têxteis e 82% são empresas de confecção, sendo ainda a maior parcela empresas de micro e pequeno porte. Com relação a quantidade de funcionários, o estado gera cerca de 30% dos postos de trabalho do país, sendo 30% destes nas empresas têxteis e 70% nas empresas de confecções (Figura 1).

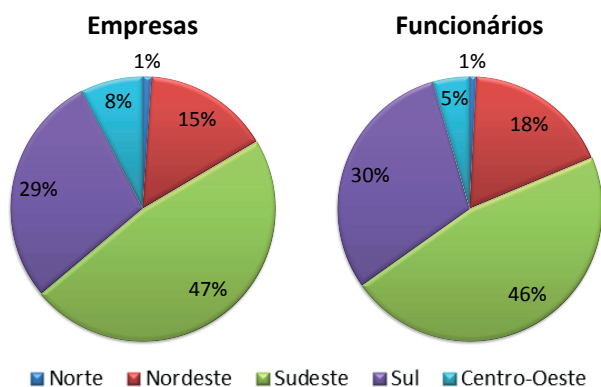



Figura 1 – Distribuição percentual de empresas e funcionários da indústria têxtil e de confecção por região do Brasil.

Fonte: Desenvolvido pelo autor com base nos dados extraídos do sistema MTE/RAIS com base no CNAE 2.0.

No que diz respeito ao tamanho das empresas por tipo de atividade, as empresas de confecção representam a maior parcela, cerca de 80% do total, sendo 97% destas micro e pequenas empresas. As empresas têxteis e de confecção juntas em Santa Catarina oferecem mais de 26% dos postos de trabalhos, o que coloca esta indústria em primeiro lugar em relação a outras indústrias no estado (Tabela 3).

Atividade industrial	Nº Funcionários	%
Fabricação de Produtos Alimentícios	108.018	17%
Confecção de Artigos do Vestuário e Acessórios	**107.119**	**17%**
Fabricação de Produtos Têxteis	**53.902**	**9%**
Fabricação de Máquinas e Equipamentos	41.654	7%
Fabricação de Produtos de Borracha e de Material Plástico	41.121	7%
Fabricação de Produtos de Madeira	38.188	6%
Fabricação de Produtos de Minerais Não-Metálicos	35.440	6%
Fabricação de Produtos de Metal, Exceto Máquinas e Equipamentos	33.630	5%
Fabricação de Máquinas, Aparelhos e Materiais Elétricos	29.142	5%
Fabricação de Móveis	28.451	5%
Fabricação de Celulose, Papel e Produtos de Papel	20.062	3%
Metalurgia	17.755	3%
Outros	75.921	12%
Total	**630.403**	**100%**

Tabela 3 – Quantidade de empregados por atividade industrial em Santa Catarina em 2016.

Fonte: Desenvolvido pelo autor com base nos dados extraídos do sistema MTE/RAIS.

A região do Vale do Itajaí concentra uma importante parcela das empresas e funcionários com cerca de 60% do total do estado (Figura 2) da indústria têxtil e de confecções. Nesta região os municípios com maior destaque são Blumenau, Gaspar e Indaial que juntos representam mais de 62% das empresas (Figura 3).

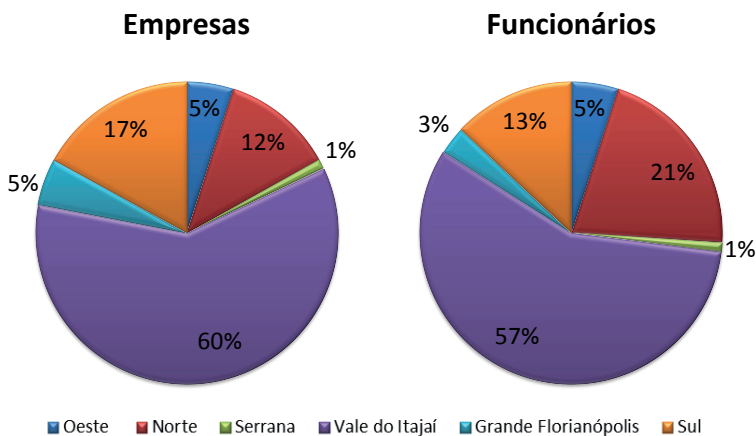



Figura 2 – Distribuição percentual de empresas e funcionários da indústria têxtil e de confecção por região no estado de Santa Catarina.

Fonte: Desenvolvido pelo autor com base nos dados extraídos do sistema MTE/RAIScom base no CNAE 2.0.

Com relação ao tamanho as empresas nos principais municípios da mesorregião do Vale do Itajaí, pode-se afirmar que do total, cerca de 95% são micro ou pequenas empresas com até 49 funcionários, e uma parcela expressiva se concentra nos municípios de Blumenau, Gaspar e Indaial conforme mostrado na Figura 3.

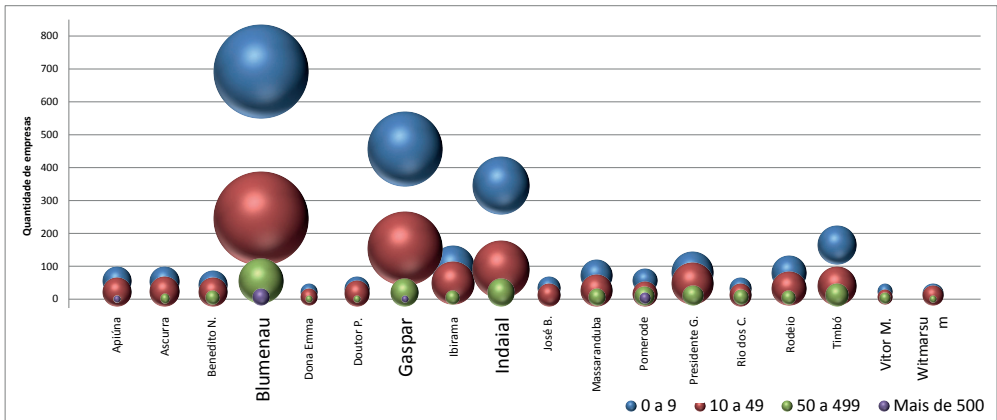



Figura 3 – Quantidade e tamanho das empresas têxteis e de confecções no Vale do Itajaí.

Fonte: Desenvolvido pelo autor com base nos dados extraídos do sistema MTE/RAIScom base no CNAE 2.0.

O número de empresas que atuam nesta indústria e estão localizadas nos principais municípios do Vale do Itajaí, está identificado na representação da cadeia de suprimentos têxtil e de confecção (Figura 4).

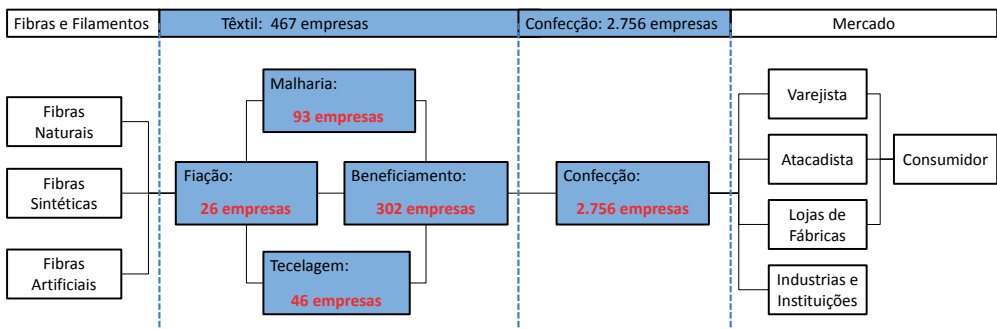



Figura 4 – Quantidade de indústrias têxteis e de confecção no Vale do Itajaí.

Fonte: Desenvolvido pelo autor com base nos dados extraídos do sistema MTE/RAIScom base no CNAE 2.0.

Com base nas informações apresentadas e indicadas nas figuras e tabelas, observa-se que há um grande número de empresas de confecção, enquanto há um menor número de empresas têxteis, por exemplo, os de fiação. Além disso, também fornecem dados

importantes sobre onde as empresas estão concentradas, bem como suas respectivas quantidades em relação à estrutura física e quantidades de empregados no estado de Santa Catarina em específico, na mesorregião do Vale do Itajaí.

4 I ANÁLISES E DISCUSSÕES

A partir dos dados apresentados neste trabalho é notório que a estrutura e a caracterização dessa indústria são muito heterogêneas entre as diversas empresas que compõem os principais elos da cadeia. Por exemplo, ao analisar a produção de fibras que é matéria prima básica da indústria têxtil pode-se observar que existem poucas empresas que manufaturam as fibras, em Santa Catarina o percentual dessas empresas é de 0,82% do total de empresas desse segmento, gerando uma concentração nas demandas oriundas das empresas têxteis, neste sentido essa parte da cadeia acaba sendo coordenada pelas grandes empresas fornecedoras de fios, deixando as empresas dos elos seguintes da cadeia com pouca ou nenhuma força com relação ao desenvolvimento e aplicação de estratégias produtivas que possam beneficiar mutuamente todos os parceiros ao longo da cadeia.

Cabe ainda destacar que as empresas produtoras de fios e tecidos tem um significativo capital em máquinas e equipamentos e precisam investir em tecnologias, o que cria barreiras à entrada neste setor, o que pode ser constatado pelo pequeno número de empresas que atuam no estado de Santa Catarina, mais especificamente no Vale do Itajaí. Estas representam somente 13% do total de empresas que compõem essa parte da cadeia de suprimentos. Além disso, empregam um número significativamente menor de funcionários, se comparados com o elo subsequente da cadeia, ou seja, as empresas de confecção. Em geral, as empresas de fiação, tecelagem e acabamento têxtil exigem funcionários com melhor qualificação para operar máquinas mais modernas, na maioria das vezes de grandes dimensões e com tecnologia de ponta.

O próximo elo da cadeia é a indústria de confecção que tem como principal característica a manufatura de produtos com atividades intensivas em mão de obra e com baixo investimento em capital, o que permite uma maior competição e abertura de empresas em regiões com custo de mão de obra mais baixo. A partir dos resultados dessa pesquisa observa-se que na mesorregião do vale do Itajaí em Santa Catarina existe uma grande concentração de micro e pequenas empresas de confecções principalmente em grandes polos produtivos como Blumenau, Gaspar e Indaial. As confecções, geralmente micro e pequenas empresas têm pouco poder de coordenação sendo articuladas pelas grandes empresas de confecção que acabam contratando-as como terceirizados dos seus processos produtivos. Novamente têm-se ações isoladas que beneficiam somente os principais líderes ao longo da cadeia sem uma visão de ganhos mútuos que poderiam aumentar a eficiência global da cadeia.

5 I CONCLUSÃO

A indústria têxtil e de confecções brasileira tem se destacado no mercado mundial tanto pelas suas características de negócio como pelo seu profissionalismo, criatividade, tecnologia, e pelas suas dimensões produtivas. Entretanto, vêm enfrentado dificuldades relacionadas com sua complexidade industrial e com o próprio desempenho da economia brasileira. Além disso, tem-se verificado por meio de várias pesquisas que o tema cadeia de suprimentos têxtil e de confecções é pouco explorado nas pesquisas acadêmicas o que reforça ainda mais as dificuldades enfrentadas por essa indústria.

A partir dessas dificuldades e da realização de poucas pesquisas nessa área, este artigo apresentou uma caracterização da cadeia de suprimentos têxtil e de confecções mostrando os principais elos (empresas) da cadeia, além disso, apresentou uma análise sobre as indústrias têxteis e de confecções no Brasil, no estado de Santa Catarina e em específico na mesorregião do Vale do Itajaí.

Como resultado dessa caracterização, foram identificados os principais elos da sua cadeia de suprimentos, que são: i) a produção de fibras têxteis; ii) a indústria de fiação; iii) a indústria de tecelagem ou malharia; iv) a indústria de acabamento; v) a indústria de confecções; e vi) o mercado. Mostrando que este setor industrial da região sul brasileira apesar de estar em segundo lugar com 30% em relação à quantidade de empresas e funcionários vem crescendo em relação a região sudeste que está em primeiro lugar com 47%. Além disso, foi possível constatar que a mesorregião mais importante de Santa Catarina está localizada no Vale do Itajaí, sendo que as principais cidades concentradoras de empresas e funcionários do setor têxtil e de confecções são Blumenau, Gaspar e Indaial.

A principal contribuição da pesquisa está relacionada com a caracterização das indústrias têxtil e de confecções, pertencentes a cadeia de suprimentos desse setor industrial. Essa cadeia de suprimentos vem se tornando cada vez importante para o estado e, para as empresas que atuam neste setor e bem como para as instituições governamentais, a sua caracterização permite a melhor compreensão do ambiente e possibilita a tomada de decisão de natureza estratégica com maior assertividade, melhorando assim a própria gestão da cadeia.

Como sugestão para futuros trabalhos seria interessante aprofundar os estudos no sentido de identificar a localização das diversas empresas identificadas nesta pesquisa a fim de mapear a mesorregião do Vale do Itajaí e possibilitar um estudo mais preciso sobre aspectos logísticos relacionados com a distribuição de produtos ao longo da cadeia, isto é, com o levantamento dos principais produtos comercializados no estado e a definição geográfica das empresas, poderia ser realizado uma identificação dos fluxos de produtos entre os vários elos da cadeia de suprimentos, determinando quantidades transportadas e dificuldades logísticas desse processo, agregando mais elementos que tornaram a caracterização desse setor industrial mais completa.

REFERÊNCIAS

ABIT. **Relatório de atividades 2016**. Associação brasileira da indústria têxtil e de confecção, 2016.

ANTERO, S. A. Articulação de políticas públicas a partir dos fóruns de competitividade setoriais: a experiência recente da cadeia produtiva têxtil e de confecções. **Revista de administração pública-rap**, 2006. v. 40, n. 1, p. 57–79.

BEZERRA, F. D. Análise retrospectiva e prospectiva do setor têxtil. **Informe macroeconomia, indústria e serviços**., 2014. v. 2, n. VIII, p. 2014.

BRUCE, M.; DALY, L.; TOWERS, N. Lean or agile: a solution for supply chain management in the textiles and clothing industry? **International journal of operatons & production management**, 2004. v. 24, n. 2, p. 151–170.

CAO, N.; ZHANG, Z.; MAN TO, K.;PO NG, K. How are supply chains coordinated? - an empirical observation in textile-apparel businesses. **Journal of fashion marketing and management**, 2008. v. 12, n. 3, p. 384–397.

FERNANDES, R. L. **Capacitação e estratégias tecnológicas das empresas líderes da indústria têxtil-confecções no estado de santa catarina**. [S.l.]: Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

GEREFFI, G.; FERNANDEZ-STARK, K. **Global value chain analysis: a primer**. NULL: 2016.

GEREFFI, G.; FREDERICK, S. **The global apparel value chain, trade and the crisis: challenges and opportunities for developing countries**. The world bank development research group trade and integration team, 2010. n. April, p. 1–42.

GEREFFI, G.; KORZENIEWICS, M. **The organization of buyer-driven global commodity chains: how u.s. retailers shape overseas production networks. Commodity chains and global capitalism**. London: Commodity chains and global capitalism, 1994, p. 16.

IEMI. **Relatório setorial da cadeia têxtil brasileira**. Instituto de estudos e marketing industrial, 2005. v. 5, n. 5.

KIECKBUSCH, R. E. **Cadeias de suprimentos da indústria têxtil e de confecções do médio vale do itajaí: comparativo entre a realidade encontrada e os referenciais teóricos**. [S.l.]: Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.

LAMBERT, D. M. Supply chain management: processes, partnerships, performance. 4th. ed. **Sarasota, FL: Supply Chain Management Institute**, 2014. NULL.

LAMBERT, D. M.; ENZ, M. G. Issues in supply chain management: progress and potential. **Industrial marketing management**, 2017.

LUPATINI, M. P. **As transformações produtivas na indústria têxtil-vestuário e seus impactos sobre a distribuição territorial da produção e a divisão do trabalho industrial**. [S.l.]: Campinas, SP, 2004.

MAHMOOD, S.; KESS, P. **An assessment of the organization of demand supply chains in the fashion industry**. Joint international conference, Bari, Italy, 2015. p. 487–498.

NOWELL, H. **Market competitiveness in the global textile supply chain : examination of supply chain configurations**. [S.l.]: North Carolina State University, 2005.

RAJPUT, A.; BAKAR, A. H. A. A recapitulation of supply chain management (scm) in conjunction with textile industry. **International journal of information, business and management**, 2011. v. 3, n. 1, p. 39–54.

RECH, S. R. Estrutura da cadeia produtiva da moda. **Moda palavra e -períodico**, 2008. n. 1, p. 7–20.

SARDAR, S.; LEE, Y. H. Recent researches and future research directions in textile supply chain management. **International journal of business and economics**, 2012. v. 4, n. 2, p. 1–49.

SU, J.; GARGEYA, V. B. An empirical examination of global supply chain management practices in the us textile and apparel industry. **Journal of system and management sciences**, 2011. v. 1, n. 1, p. 1–17.

TAVARES, C. **Mudanças estruturais nas cadeias de valor na indústria do vestuário : um estudo de caso**. [S.l.]: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2015.

VIANA, F. L. E.; ROCHA, R. E. V.; MELO NUNES, F. R. DE. A indústria têxtil na região nordeste: gargalos, potencialidades e desafios. **Revista produção online**, 2008. v. 8, n. 3.

WU, D.; WU, D. D.; ZHANG, Y.; OLSON, D. L. Supply chain outsourcing risk using an integrated stochastic-fuzzy optimization approach. **Information sciences**, 2013. v. 235, p. 242–258.

JÉSSICA BARBOSA DA SILVA DO NASCIMENTO - Es Ingeniera de Petróleos por la Universidad Federal de Campina Grande - UFCG (2009-2015), con especialización en la carrera de Ingeniería de Recursos Mineros y Energéticos de la Universidad de Córdoba – España (2013-2014). Obtuvo el título de especialista en Gestión Ambiental de la Faculdade Venda Nova do Imigrante - FAVENI en 201. También en 2017 completó su Maestría en Ingeniería Mecánica en la UFCG, y posteriormente obtuvo el título de Doctora en Ingeniería de Procesos de la misma institución (2023). En el año 2018 pasa a ser Profesora de la Carrera de Ingeniería Química de la Universidad Estatal de Santa Cruz - UESC, donde continúa desempeñándose principalmente en las áreas de Petróleo, Gas Natural, Refinación de Petróleo y petroquímica. Desde su maestría ha trabajado con investigación en simulación utilizando Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) aplicada principalmente a las áreas de Petróleo y Gas Natural. Además de la investigación, actualmente es coordinadora de Proyectos de Extensión y Docencia, realizando también actividades de orientación continua a estudiantes en trabajos de finalización de grado, así como a becarios de investigación, docencia y extensión.

ÍNDICE REMISSIVO

ÍNDICE REMISSIVO

O

P

Q

R

S

T

INGENIERÍA:

Innovación, ciencia y tecnología 2

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora

Ano 2023

INGENIERÍA:

Innovación, ciencia y tecnología 2

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2023